

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de una cortadora electroneumática de
ladrillo cerámico para aumentar la producción
en la línea de formado de la empresa
Cerámicos Pakamuros E.I.R.L. – Jaén**

Hermes Yordan Vargas Fustamante

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Dr. Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ma. Ever Luis Poma Tintaya
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 30 de noviembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN**", perteneciente al estudiante **HERMES YORDAN VARGAS FUSTAMANTE**, de la E.A.P. de **Ingeniería Mecánica**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **11 %** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 30) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Hermes Yordan Vargas Fustamante, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71929866, de la E.A.P. de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "Diseño de una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico para aumentar la producción en la línea de formado de la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. – Jaén", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

25 de noviembre de 2023.



Hermes Yordan Vargas Fustamante

DNI. No. 71929866

DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

documents.mx

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

1%

4

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Señor de Sipan

Trabajo del estudiante

1%

6

pdfcookie.com

Fuente de Internet

<1%

7

doi.org

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

9	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
11	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
13	www.skf.com Fuente de Internet	<1 %
14	red.uao.edu.co Fuente de Internet	<1 %
15	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
16	fdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
17	www.festo.com Fuente de Internet	<1 %
18	archive.org Fuente de Internet	<1 %
19	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
20	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %

21 www.pezzolato.it <1 %
Fuente de Internet

22 opac.pucv.cl <1 %
Fuente de Internet

23 repository.unimilitar.edu.co <1 %
Fuente de Internet

24 repositorio.unc.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR

Ma. Ing. Ever Luis Poma Tintaya

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a todas las personas que han contribuido al desarrollo y finalización de este proyecto de tesis. Quiero expresar un agradecimiento especial a mi hermano, Deiner Vásquez Fustamante, quien estuvo a mi lado en todo momento brindándome un apoyo incondicional para lograr el éxito de este proyecto.

Me complace expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, el Ing. Ever Luis Poma Tintaya, por su valiosa orientación y apoyo durante todo el proceso de desarrollo de esta investigación. Su compromiso constante y evidente interés en la investigación fueron fundamentales para su éxito.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, a mis padres y hermanos, quienes han sido el pilar fundamental en mi formación integral. Su apoyo incondicional, consejos y dirección han sido esenciales para que pueda alcanzar mis metas académicas. No habría logrado cumplir mis objetivos sin ellos. Agradezco de corazón todo lo que han hecho por mí.

ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.3.1. En lo económico	6
1.3.2. En lo tecnológico	6
1.3.3. En lo social	6
1.3.4. En lo ambiental.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes del problema	8
2.1.1. Tesis.....	8
2.1.2. Artículos	9
2.2. Bases teóricas	10

2.2.1.	Ladrillo cerámico	10
2.2.1.1.	Manufactura	10
2.2.1.2.	Clasificación	10
2.2.2.	Producción	11
2.2.3.	Productividad	12
2.2.4.	El diseño de ingeniería.....	12
2.2.5.	Teorías de fallas por fatiga.....	12
2.2.5.1.	Mecanismo de la falla por fatiga	12
2.2.5.2.	Regímenes de fatiga.....	13
2.2.5.3.	El procedimiento de esfuerzo-vida.....	13
2.2.5.4.	Límite de fatiga (S_e').....	13
2.2.5.5.	Cargas por fatiga	14
2.2.5.6.	Límite de resistencia a la fatiga de los aceros (S_e')	15
2.2.5.7.	Creación de diagramas S-N estimados.....	16
2.2.5.8.	Factores que afectan la resistencia a la fatiga	17
2.2.5.9.	Concentraciones de esfuerzos (k_f)	19
2.2.5.10.	Criterios de falla por fatiga ante esfuerzos variables.....	20
2.2.5.11.	Método de Von Mises para combinaciones de carga.....	21
2.2.6.	Cables.....	21
2.2.7.	Alambre de piano ASTM A228	22
2.2.8.	Diseño de ejes	22
2.2.8.1.	Esfuerzo en ejes.....	23
2.2.8.2.	Diseño para ciclo de flexión y torsión constantes invertidas.....	23
2.2.9.	Unión por soldadura	23
2.2.9.1.	Soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW)	24
2.2.10.	Neumática.....	26
2.2.11.	Compresor neumático	26
2.2.12.	Cilindros de doble efecto.....	26

2.2.13.	Válvulas distribuidoras	27
2.2.14.	Válvulas reguladoras de caudal	28
2.2.15.	Control electroneumático	28
2.2.16.	Sensores de proximidad.....	28
2.2.17.	PLC (controlador lógico programable).....	29
2.2.18.	Encoder.....	29
2.2.18.1.	Codificación incremental.....	29
2.2.19.	Diseño asistido por ordenador (CAD).....	30
2.2.20.	Métodos de los elementos finitos	30
2.2.21.	Selección de rodamientos	30
2.2.21.1.	Selección del tamaño del rodamiento en función de la vida nominal	31
2.2.21.2.	Vida nominal SKF	31
2.2.21.3.	Intervalos de relubricación	35
2.2.21.4.	Cantidad de grasa en la relubricación.....	36
2.3.	Diagnóstico de la empresa	37
2.3.1.	Descripción general	37
2.3.2.	Materiales para la elaboración de ladrillo	37
2.3.3.	Tipos de ladrillos fabricados en la empresa.....	37
2.3.4.	Capacidad de producción en la línea de formado actual en la empresa.....	38
2.3.5.	Productividad actual en la línea de formado.....	38
2.3.6.	Pérdidas de producción actual por ladrillos defectuosos	39
2.3.7.	Proceso de fabricación de ladrillos marca Greg	39
2.4.	Definición de términos básicos	41
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		42
3.1.	Tipo de investigación	42
3.2.	Metodología aplicada para el desarrollo de la solución.....	42
3.2.1.	Fase I: Información	43
3.2.1.1.	Etapa 1: Aclarar y precisar el problema	43

3.2.2.	Fase II: Creación.....	44
3.2.2.1.	Etapa 2: Determinar las funciones y su estructura.....	44
3.2.2.2.	Etapa 3: Búsqueda de los conceptos de solución y sus estructuras.....	44
3.2.2.3.	Etapa 4: Subdividir en módulos realizables.....	44
3.2.3.	Fase III: Desarrollo.....	45
3.2.3.1.	Etapa 5: Configurar los módulos apropiados.....	45
3.2.3.2.	Etapa 6: Configurar el producto total.....	45
3.2.4.	Fase IV: Elaboración de la ingeniería de detalles.....	45
3.2.4.1.	Etapa 7: Elaborar la documentación de fabricación y uso.....	46
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....		47
4.1.	Identificación de requerimientos.....	47
4.1.1.	Estado del arte.....	47
4.1.1.1.	Cortadoras de ladrillo cerámico comerciales.....	47
4.1.2.	Lista de exigencias.....	50
4.1.3.	Planificación del desarrollo del proyecto.....	51
4.2.	Análisis de la solución.....	51
4.2.1.	Caja negra (black - box).....	51
4.2.2.	Secuencia de operaciones.....	52
4.2.3.	Procesos técnicos.....	53
4.2.4.	Estructura de funciones.....	53
4.2.5.	Matriz morfológica.....	55
4.2.6.	Propuestas de solución.....	57
4.2.7.	Determinación de la solución óptima.....	59
4.2.7.1.	Valorización técnica.....	60
4.2.7.2.	Valorización económica.....	60
4.2.7.3.	Toma de decisión.....	61
4.3.	Diseño.....	62
4.3.1.	Cálculo de la fuerza de corte.....	62

4.3.2.	Análisis de esfuerzos en el alambre de corte	63
4.3.2.1.	Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo King Kong estándar.	64
4.3.2.2.	Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo King Kong IV	66
4.3.2.3.	Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo techo 15	67
4.3.2.4.	Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo pandereta.....	68
4.3.2.5.	Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo techo 12	70
4.3.3.	Análisis de fatiga del alambre de corte.....	71
4.3.3.1.	Análisis de fatiga del alambre con ladrillo King Kong estándar	72
4.3.3.2.	Análisis de fatiga del alambre con ladrillo King Kong tipo IV	74
4.3.3.3.	Análisis de fatiga del alambre con ladrillo techo 15.....	75
4.3.3.4.	Análisis de fatiga del alambre con ladrillo pandereta	76
4.3.3.5.	Análisis de fatiga del alambre con ladrillo techo 12.....	77
4.3.4.	Cálculo del diámetro del eje del rodillo	78
4.3.5.	Cálculo de soldadura en el mecanismo de corte	85
4.3.6.	Cálculo del perno del mecanismo de corte.....	89
4.3.7.	Selección de chumacera del rodillo	92
4.3.8.	Selección de rodamientos lineales	95
4.3.9.	Selección de rodillos guía	97
4.3.10.	Tensión necesaria para mover el mecanismo de corte completo	98
4.3.11.	Cálculo y selección del actuador neumático para el mecanismo de corte	99
4.3.12.	Cálculo y selección del actuador neumático para el posicionamiento.....	102
4.3.13.	Cálculo y selección del actuador neumático para el mecanismo de sujeción	105
4.3.14.	Simulación del mecanismo tensor superior	108
4.3.15.	Simulación del mecanismo tensor inferior	111
4.3.16.	Simulación de la estructura de corte	113
4.3.17.	Simulación de la mesa móvil.....	116
4.3.18.	Simulación de guía lineal	118

4.3.19.	Simulación de la mesa estática	120
4.3.20.	Simulación del soporte de sujeciones	122
4.3.21.	Simulación del soporte de polines	124
4.3.22.	Diseño de control	125
4.3.22.1.	Descripción del proyecto	126
4.3.22.2.	Métodos de operación	126
4.3.22.3.	Descripción del sistema de control	127
4.3.22.4.	Cálculo del número de pulsos del encoder	127
4.3.22.5.	Diagrama de flujo general del proceso.....	128
4.3.22.6.	Diagrama de flujo del proceso de conteo del número de pulsos	131
4.3.22.7.	Entradas y salidas del sistema de control	132
4.3.22.8.	Programación en lenguaje Ladder	134
4.3.23.	Sistema electroneumático	145
4.3.23.1.	Sistema electroneumático de corte.....	146
4.3.23.2.	Sistema electroneumático de sujeción de ladrillo.....	146
4.3.23.3.	Sistema electroneumático de posicionamiento	147
4.3.24.	Análisis de la producción en la línea de formado con la cortadora electroneumática	148
4.3.24.1.	Paradas con la cortadora electroneumática	148
4.3.24.2.	Paradas en línea de formado con la cortadora electroneumática.....	148
4.3.24.3.	Pérdidas de producto en la línea de formado por ladrillos defectuosos.....	149
4.3.24.4.	Producción en la línea de formado con la cortadora electroneumática	150
4.3.24.5.	Productividad en la línea de formado con la cortadora electroneumática..	150
4.3.24.6.	Análisis comparativo de indicadores de mejora	151
4.3.25.	Capacidad de producción de la cortadora electroneumática	151
4.3.26.	Ficha técnica de la cortadora electroneumática.....	152
4.3.27.	Análisis comparativo de cortadoras de ladrillo cerámico	152
4.3.28.	Plan de mantenimiento preventivo	153

CAPÍTULO V: COSTOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO	155
5.1. Costos de ingeniería de diseño.....	155
5.2. Costos de componentes fabricados.....	155
5.3. Costos de adquisición de elementos normalizados.....	156
5.3.1. Costo de componentes neumáticos	156
5.3.2. Costo de componentes eléctricos.....	157
5.3.3. Costo de adquisición de componentes mecánicos	159
5.4. Costos de adquisición de materiales para fabricación	160
5.5. Costos de ensamble	161
5.6. Costo total del proyecto	162
5.7. Fórmula para actualización de costos.....	162
5.7.1. Cálculo de coeficiente de reajuste de valorización (k)	162
5.7.2. Cálculo del reintegro de costos (CIX)	163
5.7.3. Cálculo del costo final (CRX)	163
5.7.4. Fórmula para calcular el costo final de la cortadora electroneumática.....	163
CONCLUSIONES	166
RECOMENDACIONES.....	167
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
ANEXOS	170

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estado actual de la cortadora.....	2
Figura 2. Corte del ladrillo King Kong.....	3
Figura 3. Ladrillo macizo.....	10
Figura 4. Ladrillo King Kong 18 huecos.....	11
Figura 5. Ladrillo pandereta.	11
Figura 6. Ladrillo techo.	11
Figura 7. Ensayo de fatiga por flexión giratoria y diagrama de Wohler.....	14
Figura 8. Valores alternativo, medio y del intervalo del ciclo de esfuerzos invertido, repetido y fluctuante.....	14
Figura 9. Relación entre el límite de fatiga y el esfuerzo último de los aceros.....	15
Figura 10. Curvas S-N estimadas para materiales con articulación de rodilla.	16
Figura 11. Factores de superficie para el acero.	18
Figura 12. Líneas (modelos) de falla.....	20
Figura 13. Representación de cable suspendido (a) y DCL de media cable (b).	22
Figura 14. Símbolos de soldadura.	24
Figura 15. Soldadura a filete.....	24
Figura 16. Propiedades flexionantes de las soldaduras a filete.....	25
Figura 17. Sistema electroneumático básico.....	26
Figura 18. Sistema de control electroneumático básico.	28
Figura 19. Logo! 8 24RCE.	29
Figura 20. Encoder.	30
Figura 21. Factor a_{SKF} para rodamientos radiales de bolas.....	32
Figura 22. Factor n_c para niveles de contaminación.	33
Figura 23. Conversión a la viscosidad cinemática V a la temperatura de referencia (clasificación ISO VG).....	34
Figura 24. Cálculo de la viscosidad nominal v_1	34
Figura 25. Intervalos de relubricación.	35
Figura 26. Ajustes del intervalo de relubricación.....	36
Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de producción de ladrillos Greq.....	40
Figura 28. Enfoque general del proceso de diseño VDI 2221.	43
Figura 29. Caja negra.	52
Figura 30. Estructura de funciones.	54
Figura 31. Concepto de solución 1.....	57

Figura 32. Concepto de solución 2.....	58
Figura 33. Concepto de solución 3.....	59
Figura 34. Esquema de dispersión lineal para la elección del resultado.....	62
Figura 35. Interacción de fuerza del alambre con el ladrillo al momento del corte.....	64
Figura 36. DCL de equilibrio de medio alambre.	64
Figura 37. DCL del eje del rodillo.	79
Figura 38. DCL en el plano XY del eje.	79
Figura 39. Diagrama de cortantes en el plano XY.....	80
Figura 40. Diagrama de momentos en el plano XY en el eje.....	80
Figura 41. DCL en el plano XZ del eje.	81
Figura 42. Diagrama de cortantes en el plano XZ del eje.....	81
Figura 43. Diagrama de momentos en el plano XZ del eje.....	81
Figura 44. Eje de rodillo.	84
Figura 45. Representación de soldadura en la barra de soporte.	85
Figura 46. Diagrama de cortantes en la barra de soporte en el plano X.....	86
Figura 47. Diagrama de momentos en la barra de soporte en plano X.	86
Figura 48. Diagrama de cortantes en la barra de soporte en plano Y.	86
Figura 49. Diagrama de momentos en la barra de soporte en plano Y.	86
Figura 50. DCL del perno sujetador del mecanismo tensor superior e inferior.	89
Figura 51. DCL del mecanismo de corte en movimiento.	98
Figura 52. Modelamiento de mecanismo tensor superior.....	108
Figura 53. Análisis de tensiones del mecanismo tensor superior.	109
Figura 54. Análisis de desplazamiento del mecanismo tensor superior.	109
Figura 55. Análisis del factor de seguridad estático del mecanismo tensor superior.	110
Figura 56. Análisis de fatiga del mecanismo tensor superior.....	110
Figura 57. Modelamiento del mecanismo tensor inferior.	111
Figura 58. Análisis de tensiones del mecanismo tensor inferior.	111
Figura 59. Análisis de desplazamiento del mecanismo tensor inferior.	112
Figura 60. Análisis del factor de seguridad estático del mecanismo tensor inferior.	112
Figura 61. Análisis de fatiga del mecanismo tensor inferior.....	113
Figura 62. Modelamiento de la estructura de corte.	113
Figura 63. Análisis de tensiones en la estructura de corte.	114
Figura 64. Análisis de desplazamiento de la estructura de corte.....	115
Figura 65. Análisis del factor de seguridad estático de la estructura de corte.	115
Figura 66. Modelamiento de la mesa móvil.....	116

Figura 67. Análisis de tensiones de mesa móvil.....	116
Figura 68. Análisis de desplazamiento de la mesa móvil.	117
Figura 69. Análisis del factor de seguridad estático de la mesa móvil.....	117
Figura 70. Modelamiento de guía lineal FSH-40.	118
Figura 71. Análisis de tensiones de guía lineal FSH-40 MT.	118
Figura 72. Análisis de desplazamiento de la guía lineal FSH 40MT.	119
Figura 73. Análisis del factor de seguridad estático de la guía lineal FSH 40 MT.....	119
Figura 74. Modelamiento de la mesa estática.	120
Figura 75. Análisis de tensiones de la mesa estática.	121
Figura 76. Análisis de desplazamiento de la mesa estática.	121
Figura 77. Análisis del factor de seguridad estático de la mesa estática.	122
Figura 78. Análisis de tensiones del soporte de sujeción.	123
Figura 79. Análisis de desplazamiento del soporte de sujeción.	123
Figura 80. Análisis del factor de seguridad estático del soporte de sujeción.	123
Figura 81. Análisis de tensiones del soporte.	124
Figura 82. Análisis de desplazamiento del soporte.	125
Figura 83. Análisis del factor de seguridad estático del soporte.....	125
Figura 84. Conexión del encoder incremental.	128
Figura 85. Diagrama de flujo del proceso de corte de ladrillo cerámico con la cortadora electroneumática.	129
Figura 86. Diagrama de flujo del proceso de corte de ladrillo cerámico con la cortadora electroneumática (continuación).	130
Figura 87. Diagrama de flujo del proceso de conteo del número de pulsos.	131
Figura 88. Conexión de entradas y salidas del Logo v8.	133
Figura 89. Unidad de mantenimiento FRL.....	145
Figura 90. Sistema electroneumático general de la cortadora.....	145
Figura 91. Diseño del sistema electroneumático de corte.	146
Figura 92. Diseño del sistema electroneumático de sujeción de ladrillo.	147
Figura 93. Diseño del sistema electroneumático de posicionamiento.	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Motivo de paradas en la cortadora por mes.	3
Tabla 2. Paradas actuales en la línea de formado por mes.....	4
Tabla 3. Horas operativas actual por mes de la empresa.	4
Tabla 4. Factores de confiabilidad.	19
Tabla 5. Valores para el factor de ajuste de la vida a1.....	32
Tabla 6. Tipos de ladrillos marca Greq.	37
Tabla 7. Producción actual de ladrillos Greq en la línea de formado.....	38
Tabla 8. Pérdidas de producción global.	38
Tabla 9. Productividad actual en la línea de formado.....	39
Tabla 10. Pérdidas actuales por ladrillos defectuosos.....	39
Tabla 11. Características de cortadora de ladrillo cerámico modelo QPJ-1.	48
Tabla 12. Características de cortadora de ladrillo cerámico modelo CAB-400.	48
Tabla 13. Características de cortadora de ladrillo cerámico modelo CB-400.	49
Tabla 14. Características de la cortadora CAIG - 400.....	50
Tabla 15. Lista de exigencias del proyecto.	50
Tabla 16. Planificación del desarrollo del proyecto.	51
Tabla 17. Matriz morfológica.....	55
Tabla 18. Evaluación de conceptos de solución - valor técnico (Xi)	60
Tabla 19. Evaluación de conceptos de solución - valor económico (Yi).	61
Tabla 20. Comparación de resultados evaluados.	61
Tabla 21. Resultados del experimento de la fuerza de corte.....	63
Tabla 22. Cálculo del número de pulsos por tipo de ladrillo.	128
Tabla 23. Paradas con la cortadora electroneumática por mes.....	148
Tabla 24. Paradas en la línea de formado por mes con la cortadora electroneumática..	149
Tabla 25. Tiempo operativo por mes con la cortadora electroneumática.....	149
Tabla 26. Pérdidas de producción por ladrillo defectuoso.	149
Tabla 27. Producción con la cortadora electroneumática en la línea de formado.....	150
Tabla 28. Productividad en la línea de formado con la cortadora electroneumática.	151
Tabla 29. Cuadro comparativo promedio de indicadores.	151
Tabla 30. Capacidad de producción de la cortadora electroneumática.	152
Tabla 31. Características de la cortadora diseñada.	152
Tabla 32. Cuadro comparativo de cortadoras de ladrillo de arcilla.	153
Tabla 33. Plan de mantenimiento preventivo de cortadora electroneumática.....	154

Tabla 34. Costos de componentes fabricados y maquinados.	156
Tabla 35. Costos de adquisición de componentes neumáticos.	157
Tabla 36. Costos de adquisición de componentes eléctricos.	157
Tabla 37. Costos de adquisición de componentes mecánicos.	159
Tabla 38. Costos de adquisición de materiales para fabricación.	160
Tabla 39. Costos de ensamble.	161
Tabla 40. Costo total del proyecto.....	162

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo el diseño de una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico con el fin de aumentar la producción en la línea de formado de la empresa ladrillera Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Jaén.

Para obtener el diseño, se utilizó la metodología alemana VDI 2221, que establece un procedimiento organizado por etapas y fases, el cual incluye la comprensión de la solicitud, el concepto de solución, la elaboración del proyecto y la ingeniería de detalles. Como resultado, se obtuvo una cortadora automatizada controlada por un Logo V8 siemens, con un encoder incremental encargado de realizar la medición de las distancias de corte de los siguientes tipos de ladrillos: king kong estándar, king kong tipo IV, techo 12-15, pandereta y panderetón. Además, el mecanismo de corte es por alambre con tensor por tornillo y la sujeción mediante planchas. Estos componentes serán accionados mediante cilindros neumáticos de doble efecto, controlados con electroválvulas de 5/3.

La cortadora tiene una capacidad de producción 33 toneladas por hora aproximadamente. Además, en base al análisis neumático del mecanismo de corte, posicionamiento y sujeción tendrá rapidez de 17 cortes por minuto.

Con base a los resultados del análisis de fatiga del alambre de corte, simulación del mecanismo de corte y demás componentes, se llegó a la conclusión que el diseño mejora la producción en promedio 25.73 toneladas/día. Esto representa un aumento del 6.70 % en la producción de la empresa ladrillera.

Finalmente, el proyecto tendrá un costo de fabricación de S/ 29,141.60, cumpliendo de esta manera con la lista de exigencias del proyecto.

Palabras claves: electroneumática, VDI 2221, productividad, corte, diseño.

ABSTRACT

The objective of this thesis was the design of an electro-pneumatic ceramic brick cutter in order to increase production on the forming line of the brick company Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. located in the department of Cajamarca, province of Jaén.

To obtain the design, the German VDI 2221 methodology was used, which establishes a procedure organized by stages and phases, which includes the understanding of the request, the solution concept, the preparation of the project and the detailed engineering. As a result, an automated cutting machine controlled by a Siemens V8 Logo was obtained, with an incremental encoder responsible for measuring the cutting distances of the following types of bricks: standard king kong, type IV king kong, 12-15 roof, tambourine and tambourine. In addition, the cutting mechanism is by wire with a screw tensioner and fastening by plates. These components will be actuated by double-acting pneumatic cylinders, controlled with 5/3 solenoid valves.

The cutter has a production capacity of approximately 33 tons per hour. In addition, based on the pneumatic analysis of the cutting, positioning and clamping mechanism, it will have a speed of 17 cuts per minute.

Based on the results of the fatigue analysis of the cutting wire, simulation of the cutting mechanism and other components, it is concluded that our design improves production by an average of 25.73 tons/day. This represents an increase of 6.70 % in the brick company's production.

Finally, the project will have a manufacturing cost of S/ 29,141.60, thus complying with the list of project requirements.

Keywords: electropneumatics, VDI 2221, productivity, cutting, design.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la industria ladrillera está experimentando un crecimiento constante debido a la alta demanda en los sectores inmobiliario e industrial. No obstante, muchas empresas ladrilleras se encuentran con dificultades para satisfacer la demanda de sus clientes debido a su baja productividad. Esto se debe al mantenimiento inadecuado, problemas de diseño en los equipos y a la falta de implementación de tecnologías para mejorar los procesos de fabricación.

En la etapa de formado, existen varias máquinas importantes; una de ellas es precisamente la cortadora. Esta máquina ubica en la última fase de la producción del ladrillo crudo. El proceso de corte desempeña un papel crucial en la producción, ya que de esta máquina depende obtener un ladrillo con dimensiones adecuadas. Además, la duración del alambre de corte y demás componentes son de vital importancia para mantener una alta disponibilidad de la cortadora. Para lograr esto, se requiere tener una cortadora automatizada y eficiente que minimice las roturas del alambre y realice el corte correctamente con los diferentes tipos de ladrillos cerámicos.

Actualmente, la empresa ladrillera Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. no dispone de ese tipo de cortadora, lo que impacta negativamente en su productividad y rentabilidad económica. Además, la hace menos competitiva en comparación con otras ladrilleras en el territorio peruano.

Por estos motivos, el objetivo de este trabajo es el diseño de una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico que mejore la producción en la línea de formado y aumente la rentabilidad económica de la empresa. Con ello, la empresa será más competitiva en el sector construcción en comparación con otras empresas ladrilleras del territorio peruano.

En el primer capítulo se realiza el planteamiento y la formulación del problema, reconociendo las principales fallas que ocasionan las paradas de la cortadora actual. Además, se desarrollan los objetivos principales y específicos.

En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, el cual comprende los antecedentes del problema, constituido por tesis y artículos, y el desarrollo de las bases teóricas.

En el tercer capítulo se realiza la teoría de la metodología de diseño alemana VDI 2221 con sus correspondientes fases y etapas. Esta metodología será aplicada en el estudio del diseño.

En el cuarto capítulo se analiza la mejor solución con el método VDI 2221, desarrollando el estado del arte, lista de exigencias, matriz morfológica, conceptos de solución y la elección del mejor prototipo mediante la evaluación técnica-económica. Luego, se realizan los cálculos mecánicos, eléctricos, neumáticos y análisis de fatiga de los componentes. Finalmente, se realizan los planos de fabricación y montaje del diseño final.

En el quinto capítulo se realiza el estudio de costos del proyecto, el cual comprende el costo de componentes normalizados (mecánicos, eléctricos, neumáticos), costos de componentes mecanizados, costos de obtención de materiales para fabricación, costos de ensamble de los sistemas, costos indirectos y, finalmente, el presupuesto total del proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L., con sede en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, dentro de sus líneas de negocio se especializa en la fabricación y venta de ladrillos maquinados de arcilla bajo la marca Greq. Actualmente la línea de formado está teniendo problemas de producción debido a los constantes paradas causadas por fallas de la maquinaria.

La cortadora de tipo cadena, es precisamente uno de los equipos más críticos. Esta máquina realiza los cortes en sentido vertical mediante alambres de acero unidos a una cadena que gira según la velocidad de transmisión de la volante. Desafortunadamente está teniendo bastantes paradas, debido a fallas concurrentes relacionados con problemas de diseño y la antigüedad de su funcionamiento.

Una de las fallas más concurrentes es la rotura del alambre de corte, debido a las altas cargas cíclicas provocando la fatiga, además de impurezas en el ladrillo extruido, ocasionando desgaste y abrasión en el alambre. Esto genera aproximadamente 28 horas de paradas al mes.

Otra falla presente es la desregulación del corte debido al desgaste constante y desacoplamiento de los componentes mecánicos, como los piñones, cadenas, zapatas, volante y demás componentes. En consecuencia, se obtiene ladrillos con un corte deficiente. Esta situación ocasiona aproximadamente 3.3 horas de paradas al mes.

Entre otros motivos de parada, se encuentra el cambio de componentes para el corte de un nuevo tipo de ladrillo, la contaminación constante por el engrasado de los engranajes, aflojamiento de los tensores del alambre de corte, entre otros.

De acuerdo con los datos recopilados por la empresa, la capacidad de producción estimada en la línea de formado debería ser de 384 toneladas por día, sin embargo, la producción actual está en un rango de 296.64 toneladas por día (ver tabla 7). Esta deficiencia de producción es debido a las paradas constantes por fallas de los equipos y mermas de los ladrillos defectuosos.

En la figura 1 se puede observar el estado actual de deterioro y desgaste de componentes de la cortadora de ladrillos actual en la empresa.



Figura 1. Estado actual de la cortadora.

Fuente: Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.

En la figura 2 se pueden observar ladrillos King Kong defectuosos con un corte impreciso. Esto es consecuencia de la desregulación y desgaste de los componentes encargados de realizar el proceso de corte.



Figura 2. Corte del ladrillo King Kong.

Fuente: Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.

La tabla 1 muestra las fallas registradas de la cortadora actual y el tiempo total de interrupciones durante un mes, el cual asciende a 35.5 horas, clasificándolo como una máquina crítica debido a las frecuentes paradas que experimenta.

Tabla 1. *Motivo de paradas en la cortadora por mes.*

Motivo de paradas	N° de veces	Horas paradas
Rotura del alambre	220	28.33
Desregulación del corte	13	3.33
Cambio de formato de ladrillo	10	3.33
Contaminación constante de los componentes	10	0.50
Total	253	35.50

En la tabla 2 se observa que la cortadora actual representa el 44.10 % del total de paradas al mes.

Tabla 2. *Paradas actuales en la línea de formado por mes.*

Máquina	Horas disponibles	Horas operativas	N° de Fallas	Horas paradas	Porcentaje (%)
Cortadora mecánica	416	380.5	4	35.5	44.10 %
Extrusora	416	396.0	12	20	24.84 %
Mescladora	416	401.0	7	15.0	4.97 %
Molino martillos	416	412.0	8	4.0	18.63 %
Bomba de vacío	416	412.0	8	4.0	4.97 %
Faja transportadora 1	416	415.0	2	1.0	1.24 %
Faja transportadora 2	416	415.0	2	1.0	1.24 %
TOTAL	2912	2831.5	43	80.5	55.90 %

En la tabla 3 se observan las horas operativas actuales de la empresa es de 335.5 horas observándose un déficit de 80.5 horas debido a las paradas constantes de los equipos.

Tabla 3. *Horas operativas actual por mes de la empresa.*

Descripción	Horas
Tiempo de paradas actual (mes)	80.5
Tiempo disponible (mes)	416.0
Tiempo operativo (mes)	335.5

Por estos motivos se busca diseñar una cortadora electroneumática de ladrillos cerámicos para aumentar la producción en la línea de formado. Además, se pretende también obtener un ladrillo con corte uniforme y medidas iguales.

1.1.2. Formulación del problema

A) Problema general:

¿Cómo diseñar una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico para aumentar la producción en la línea de formado de la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. – Jaén?

B) Problemas específicos:

- ¿Cómo calcular la fuerza de corte mediante alambre para los diversos tipos de ladrillo en crudo fabricados en la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.?
- ¿Cómo diseñar y simular los componentes mecánicos de la cortadora electroneumática de ladrillo de arcilla mediante software CAD (SolidWorks), para verificar esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad?
- ¿Cómo diseñar la arquitectura de control y programación de la cortadora electroneumática de ladrillo cerámico?
- ¿Cómo calcular y seleccionar adecuadamente los componentes neumáticos para la cortadora de ladrillo cerámico?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico para aumentar la producción en la línea de formado de la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. – Jaén.

1.2.2. Objetivos específicos

- Calcular la fuerza de corte mediante alambre para los diversos tipos de ladrillo en crudo fabricados en la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.
- Diseñar y simular los componentes mecánicos de la cortadora electroneumática de ladrillo cerámico mediante software CAD (SolidWorks), para verificar esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad.
- Diseñar la arquitectura de control y programación de la cortadora electroneumática de ladrillo cerámico.

- Calcular y seleccionar adecuadamente los componentes neumáticos para la cortadora de ladrillo cerámico.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. En lo económico

Con el diseño de la máquina cortadora electroneumática se busca aumentar los ingresos económicos en la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. disminuyendo el tiempo de rotura del alambre y mejorando el proceso de corte; esto conlleva a obtener un producto de mejor calidad y mayor cantidad de ladrillos procesados por día para su comercialización a las diferentes regiones del país.

1.3.2. En lo tecnológico

Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. se destacará en comparación con otras empresas de su sector al ser más competitivo e innovador. Para el diseño se utilizará programas CAD, se realiza análisis de fatiga y simulación de mecanismos para lograr una mejor confiabilidad de la máquina. Dicha información servirá como referencia para futuros proyectos de diseño de máquinas similares, lo cual contribuye al esfuerzo conjunto de diversas instituciones para impulsar este tipo de tecnologías.

1.3.3. En lo social

Se pretende introducir en el mercado local la información sobre el diseño de la cortadora electroneumática de ladrillo de arcilla. De esta manera, las empresas, en su mayoría artesanales, podrán acceder a esta información y construir la máquina. Esto les permitirá reducir la labor manual de corte de ladrillos de arcilla y aumentar su productividad.

1.3.4. En lo ambiental

El diseño de la cortadora de ladrillos cerámicos tiene un enfoque ambiental al utilizar energía neumática, una opción sostenible, económica y fácilmente accesible, ayudando a reducir el impacto ambiental. Además, en caso de fuga, el aire comprimido liberado no causa daño al medio ambiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Tesis

Cunyas (1) realizó la tesis titulada “Propuesta de implementación de una cortadora electro-neumática de ladrillo en crudo en la línea de producción para mejorar la capacidad productiva en la ladrillera LAPROSUR S.A.C.”, donde tuvo el objetivo de proponer la instalación de una máquina cortadora electro-neumática con el fin de incrementar la productividad en la línea de producción de ladrillos sin cocer de la empresa Ladrillera LAPROSUR S.A.C. Como resultado, planteó una propuesta de máquina cortadora de dos etapas: una etapa de corte y de avance de la cinta, controlada mediante sistemas electro-neumáticos. Los cortes se realizan en movimiento y en sentido vertical, tanto descendente como ascendente. El carro de corte utiliza alambres y cuenta con un avance controlado por un variador de velocidad accionado por un motoreductor. Todos los procesos son controlados por un PLC. La máquina propuesta es capaz de realizar 15 ciclos de corte por minuto, lo que permite producir entre 100 y 120 millares de ladrillos al día cuando opera a su máxima capacidad. Se estima que el costo de inversión de esta máquina es de aproximadamente S/ 163,200.00. Esta tesis brinda información sobre los tipos de cortadoras en el mercado y sobre la automatización con el uso de PLC en ellas.

Marmolejo y Zuluaga (2) realizaron la tesis titulada “Diseño de una máquina que realice el proceso de corte y perforado en la elaboración de tejas tipo caribe automáticamente”, donde tuvieron el objetivo de automatizar el proceso de corte y perforado de las tejas tipo caribe para aumentar la producción y calidad en la ladrillera Terra Nova. Se implementó una metodología que siguió un proceso de evolución del producto, comenzando por las exigencias del cliente, luego por la generación, selección y prueba de conceptos, hasta llegar al diseño y construcción del prototipo funcional. El diseño desarrollado consta de una armadura base de acero, un sensor de proximidad, un pistón, dos cuchillas de acero inoxidable y lógica digital que incluye un circuito integrado con microcontrolador PIC 16F877 y una pantalla LCD. El resultado obtenido fue un diseño excelente, producto de un proceso secuenciado y de diseño mecatrónico, que satisface los requerimientos funcionales propuestos. Esta tesis aporta información en el desarrollo de la caja blanca y la estructura de funciones de la cortadora electroneumática.

2.1.2. Artículos

En el estudio titulado “Diseño y construcción de un cortador electroneumático para ladrillos de arcilla” se tuvo como propósito desarrollar, simular y construir una cortadora electroneumática para ladrillos de arcilla, con el objetivo de obtener barras de arcilla con dimensiones variables según la programación. Esto se hizo con el fin de aumentar la productividad y reducir las mermas en la producción de ladrillos de arcilla. La cortadora está compuesta por un soporte móvil hecho de ángulos rectangulares que sostienen polines en una disposición transversal, mientras que la estructura fija de la base está formada por ángulos en forma de "L". Esta configuración permite sincronizar los movimientos para realizar el corte mientras la máquina está en movimiento, manteniendo una velocidad constante. Todos los cilindros incorporan su propia electroválvula de distribución y válvulas reguladoras de caudal. La medición del corte para cada tipo de ladrillo se realiza mediante un sensor de proximidad. El sistema de control de la máquina está gestionado por un

PLC (3). Este trabajo brindará información en el desarrollo del sistema electroneumático de la cortadora de arcilla.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ladrillo cerámico

Es una unidad de albañilería elaborada con arcilla que ha sido moldeada y extruida en forma de un prisma rectangular, y luego sometida a un proceso de cocción o quema en un horno (4).

2.2.1.1. Manufactura

- Artesanal: se refiere al ladrillo que se fabrica principalmente mediante procesos manuales. El amasado de la arcilla se realiza a mano o utilizando maquinaria elemental (4).
- Industrial: se trata del ladrillo que se produce utilizando maquinaria especializada que se encarga de amasar, moldear y prensar o extruir la pasta de arcilla. Estos ladrillos, fabricados de manera industrial, se caracterizan por su uniformidad en tamaño y forma (4).

2.2.1.2. Clasificación

- Ladrillo macizo: presenta un área igual o mayor al 70 % del área total en el mismo plano paralelo. Además, presenta menos del 10 % de perforaciones en su estructura (5).



Figura 3. Ladrillo macizo.

Fuente: Aceros Arequipa (5).

- Ladrillo perforado: es una unidad de construcción que cuenta con perforaciones que representan al menos el 10 % de su superficie. Estos ladrillos son usados principalmente en la construcción de muros portantes (5).



Figura 4. Ladrillo King Kong 18 huecos.

Fuente: Aceros Arequipa (5).

- Ladrillo hueco: es una unidad de construcción que tiene un área equivalente menor al 70 % del área total en ese plano. Estos ladrillos presentan orificios horizontales y se utilizan en la construcción de tabiques que no soportan cargas significativas (5).



Figura 5. Ladrillo pandereta.

Fuente: Aceros Arequipa (5).

- Ladrillo tubular: es una pieza de albañilería que presenta huecos paralelos a la superficie de apoyo. Estos ladrillos son especialmente utilizados en la construcción de techos de losas aligeradas (5).



Figura 6. Ladrillo techo.

Fuente: Aceros Arequipa (5).

2.2.2. Producción

La producción es cualquier actividad que aprovecha los recursos y materias primas para fabricar un bien o servicio en un determinado tiempo. con el fin de satisfacer una necesidad (6).

2.2.3. Productividad

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados para lograr dicha producción (6).

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{Cantidad\ de\ recurso\ empleado}$$

2.2.4. El diseño de ingeniería

El proceso de diseño conlleva la creación de un plan con el propósito de resolver una necesidad específica. Cuando este plan se convierte en la creación real de un artículo, se aspira a que dicho producto cumpla con estándares de desempeño, seguridad, fiabilidad, competitividad, utilidad y sea viable tanto en su producción como en su lanzamiento al mercado (7 pág. 4).

2.2.5. Teorías de fallas por fatiga

La mayoría de las fallas que ocurren en las máquinas se deben a cargas que cambian a lo largo del tiempo, en lugar de cargas estáticas. Estas fallas suelen ocurrir a niveles de esfuerzos relativamente bajos en comparación con las resistencias a la fluencia de los materiales (8 pág. 233).

2.2.5.1. Mecanismo de la falla por fatiga

Las fallas causadas por fatiga tienen su origen en una grieta, la cual puede haber estado presente en el material desde su fabricación o puede haberse desarrollado con el tiempo debido

a la deformación repetitiva alrededor de áreas de concentración de esfuerzos (8 pág. 236).

2.2.5.2. Regímenes de fatiga

Según el número de ciclos de esfuerzos que se anticipa que la pieza experimentará en su vida de trabajo, se divide en régimen de fatiga de ciclo bajo (LCF) o régimen de fatiga de ciclo alto (HCF). Se considera para una aproximación el dividir el LCF del HCF cuando se dan $N = 10^3$ ciclos (8 pág. 239).

2.2.5.3. El procedimiento de esfuerzo-vida

Este modelo se centra en el esfuerzo y tiene como objetivo definir un límite de resistencia a la fatiga para el material. Su objetivo es garantizar que los esfuerzos cíclicos se sostengan por debajo de ese nivel, evitando así la falla durante el número de ciclos requerido (8 pág. 241).

2.2.5.4. Límite de fatiga (S_e')

El límite de fatiga se refiere al máximo esfuerzo aplicado que puede repetirse indefinidamente en una probeta estandarizada y pulida, sometida a flexión mientras gira, sin que ocurra ninguna falla (9 pág. 200).

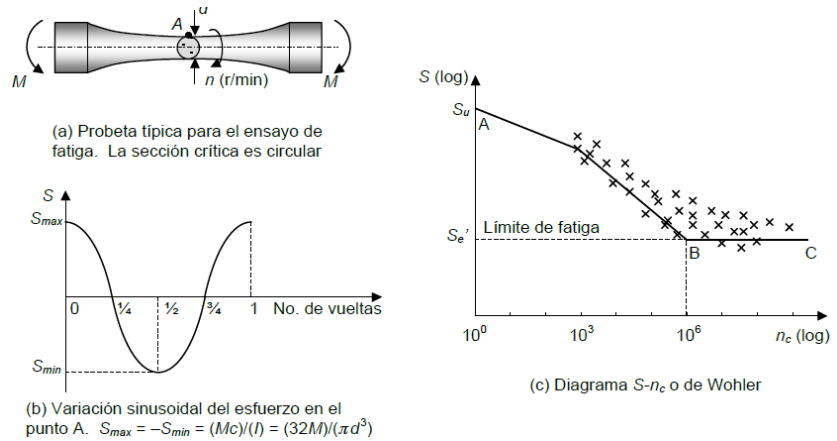


Figura 7. Ensayo de fatiga por flexión giratoria y diagrama de Wohler.
Fuente: Vanegas (9 pág. 200).

2.2.5.5. Cargas por fatiga

Los elementos importantes son la amplitud y el valor promedio de la onda esfuerzo-tiempo, además del recuento total de ciclos de esfuerzos que la pieza haya experimentado (8 pág. 243).

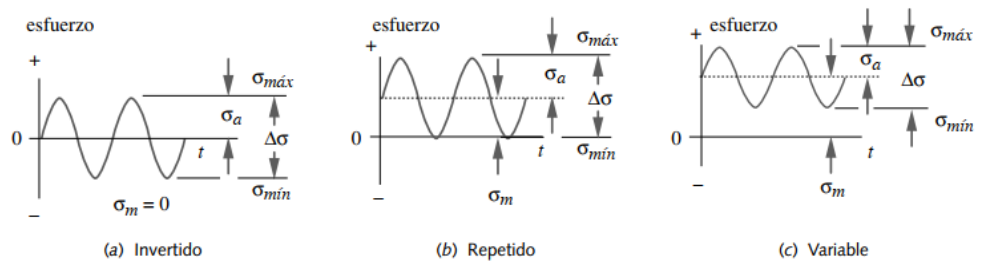


Figura 8. Valores alternativo, medio y del intervalo del ciclo de esfuerzos invertido, repetido y fluctuante.

Fuente: Budynas y Nisbett (7 pág. 240).

- El intervalo de esfuerzo $\Delta\sigma$ se define como:

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

- La componente alternativa σ_a y σ_m se obtiene de:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad \sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

- Se pueden formar dos razones:

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad A = \frac{\sigma_a}{\sigma_m}$$

Donde R es la razón del esfuerzo y A es la razón de amplitud.

2.2.5.6. Límite de resistencia a la fatiga de los aceros (S_e')

La figura 9 muestra como varía el límite de fatiga en relación al esfuerzo último en distintos tipos de aceros (9 pág. 202).

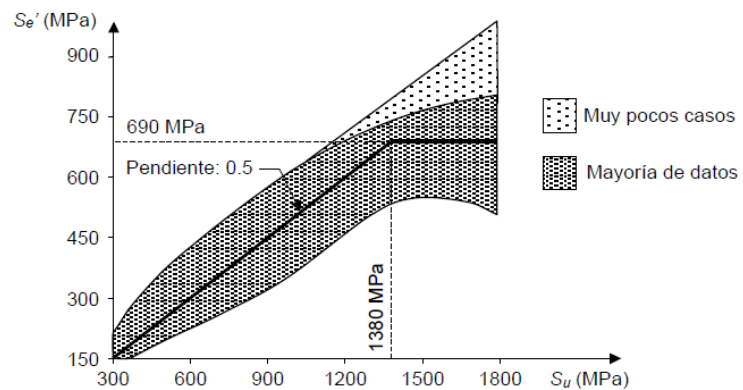


Figura 9. Relación entre el límite de fatiga y el esfuerzo último de los aceros.

Fuente: Vanegas (9 pág. 198).

Según el gráfico se concluye:

$S_e' \approx 0.5 S_u$ si $S_u < 1380$ MPa (200 ksi).

$S_e' \approx 690$ MPa = 100 ksi si $S_u \geq 1380$ MPa (200 ksi).

2.2.5.7. Creación de diagramas S-N estimados

El régimen de interés es HCF de 10^3 a 10^6 ciclos y más allá. En 10^3 la resistencia material (S_m), de acuerdo con resultados de la prueba, los siguientes valores estimados son apropiados (8 pág. 267):

Flexión: $S_m = 0.7 S_{ut}$ Carga axial: $S_m = 0.56 S_{ut}$

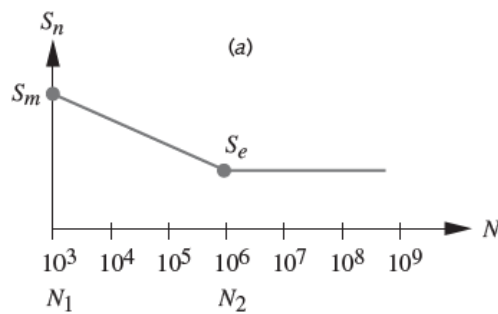


Figura 10. Curvas S-N estimadas para materiales con articulación de rodilla. Fuente: Norton (8 pág. 267).

La ecuación de la línea de S_m a S_e o S_f se escribe como:

$$S(N) = aN^b$$

Donde $S(N)$ es la resistencia a la fatiga en cualquier N , mientras a y b son constantes definidas por las condiciones de frontera.

$$a = \frac{(S_m)^2}{S_f}$$

$$b = \frac{1}{3} \log \left(\frac{S_m}{S_f} \right)$$

Si el esfuerzo es completamente invertido σ_a , haciendo $S_f = \sigma_a$ en la ecuación, el número de ciclos a la falla se expresa de la siguiente manera:

$$N = \left(\frac{\sigma_{inv}}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

2.2.5.8. Factores que afectan la resistencia a la fatiga

Es necesario ajustar los límites de resistencia a la fatiga que se derivan de muestras estándar o estimados basados en pruebas estáticas, con el fin de explicar las discrepancias físicas existentes entre la muestra de prueba y la parte real diseñada (8 pág. 260).

Los factores que modifican la resistencia a la fatiga son:

- (a) Estado superficial
- (b) Tamaño de la pieza
- (c) Variabilidad en los procesos de manufactura
- (d) Temperatura
- (e) Efectos varios (corrosión, esfuerzos residuales y otros)
- (f) Tipo de carga
- (g) Concentradores de esfuerzos

$$S_f = C_{\text{tamaño}} * C_{\text{superficie}} * C_{\text{carga}} * C_{\text{temperatura}} * C_{\text{confiabilidad}} * S_e$$

donde S_f representa el límite de resistencia a la fatiga corregido para un material.

- a) Efectos de la carga (C_{carga}):

En su mayor parte los datos registrados sobre la resistencia a la fatiga se obtienen mediante pruebas que implican la flexión rotativa, por lo que es necesario aplicar un factor de reducción de la resistencia cuando se trata de cargas axiales y de torsión (8 pág. 260).

$$\text{Flexión } C_{\text{carga}} = 1$$

$$\text{axial } C_{\text{carga}} = 0.7$$

$$\text{torsión } C_{\text{carga}} = 1$$

- b) Efectos del tamaño ($C_{\text{tamaño}}$):

Las muestras de prueba utilizadas en las vigas giratorias y estáticas son de tamaño reducido, aproximadamente con un diámetro de 0.3 pulgadas. Si la pieza a diseñar es de mayor tamaño que esta dimensión, es necesario aplicar un factor de reducción de resistencia basado en el tamaño (8 pág. 261).

Para $d \leq 0.3$ in 8 mm : $C_{tamaño} = 1$

Para $0.3in < d \leq 1$ in : $C_{tamaño} = 0.869d^{-0.097}$

Para $8 < d \leq$ mm 250 mm : $C_{tamaño} = 1.189d^{-0.097}$

c) Efectos de la superficie (C_{sup}):

Las superficies rugosas reducen la resistencia a la fatiga al introducir concentraciones de tensión o cambiar las propiedades físicas de la capa superficial. Para tener en cuenta estas diferencias, se requiere el factor de reducción de la resistencia superficial C_{sup} (8 pág. 261).

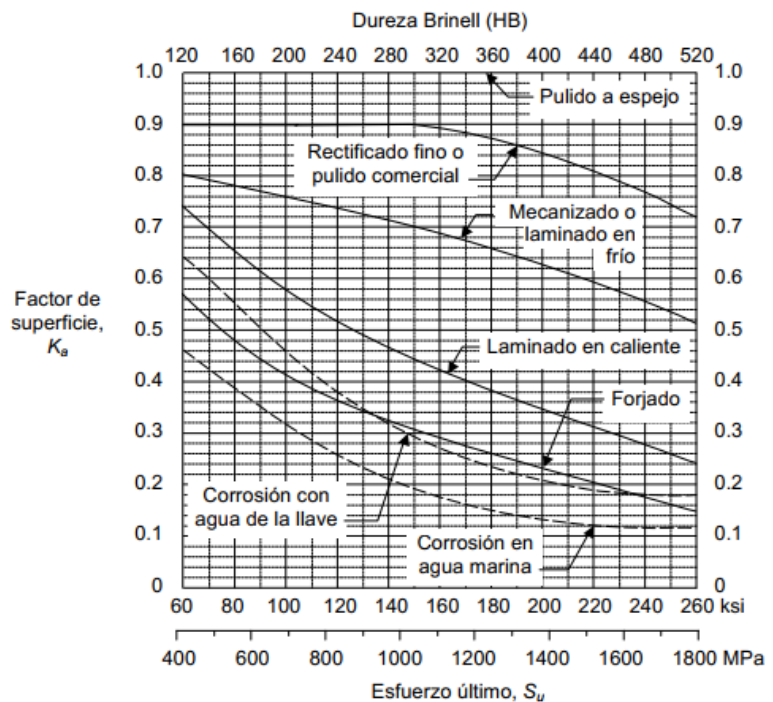


Figura 11. Factores de superficie para el acero.

Fuente: Vanegas (9).

d) Temperatura (C_{temp}):

Las pruebas de fatiga generalmente se realizan a temperatura ambiente. La tenacidad a la fractura disminuye a temperaturas bajas y aumenta a temperaturas elevadas (350°C) (8 pág. 264).

Para $T \leq 450^\circ\text{C}$ (840°F) : $C_{temp} = 1$

e) Confiabilidad (C_{conf}):

Gran parte de los datos sobre resistencia presentados son promedios. Existe una amplia variación en varios ensayos del mismo material bajo condiciones de prueba idénticas (8 pág. 265).

Tabla 4. Factores de confiabilidad.

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Fuente: Norton (8 pág. 265).

2.2.5.9. Concentraciones de esfuerzos (kf)

Cualquier contorno geométrico, discontinuidad tales como rayas superficiales, rayaduras, roscas ranuras para chaveta entre otros, afectan el “flujo de fuerza” a través de la pieza, dando lugar a concentraciones de esfuerzo haciendo que se incrementen de manera significativa los esfuerzos (8 pág. 272).

a) Sensibilidad a la muesca:

La respuesta de los materiales a la concentración de esfuerzos varía y se describe como su sensibilidad a las muescas. En términos generales, los materiales con mayor ductilidad tienden a ser menos sensibles a la presencia de muescas (8 pág. 273).

$$q = \frac{k_f - 1}{k_t - 1}$$

Donde k_t : factor de concentración de esfuerzo estático y k_f es el factor de concentración de esfuerzos por fatiga.

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

2.2.5.10. Criterios de falla por fatiga ante esfuerzos variables

Cuando se agrega un componente de esfuerzo medio a la componente alternante, el material tiende a fallar a niveles de esfuerzo alternante más bajos que en ciclos de carga inversa (8 pág. 252).

Existen diferentes modelos para analizar este tipo de caso, en el cual la línea de Goodman modificada es la que usaremos en nuestro cálculo (9 pág. 232).

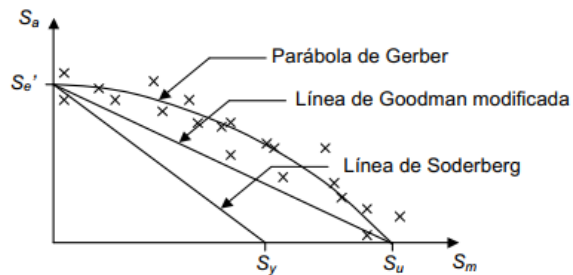


Figura 12. Líneas (modelos) de falla.

Fuente: Vanegas (9 pág. 232).

a) Línea de Goodman modificada:

La línea de Goodman modificada es una recta que corta los ejes por los mismos puntos que la parábola de Gerber (9 pág. 233).

$$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

El factor de seguridad para el caso $r = \frac{\sigma_a}{\sigma_m}$ constante es:

$$N_f = \frac{S_f S_{ut}}{\sigma_a S_{ut} + \sigma_m S_e}$$

2.2.5.11. Método de Von Mises para combinaciones de carga

La teoría de fallo que se apoya en la energía de distorsión ha demostrado ser una estrategia efectiva para unificar los diversos esfuerzos que actúan en un componente de esfuerzo en una sola tensión equivalente de Von Mises (7 pág. 310).

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{x_a}^2 + \sigma_{y_a}^2 - \sigma_{x_a} \sigma_{y_a} + 3\tau_{x_y_a}^2}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{x_m}^2 + \sigma_{y_m}^2 - \sigma_{x_m} \sigma_{y_m} + 3\tau_{x_y_m}^2}$$

2.2.6. Cables

Los cables son de naturaleza flexibles debido a la pequeña sección transversal en relación a su longitud, por lo que la carga se transforma en tracción y hace que el cable cambie su forma según la carga que se le aplique (10).

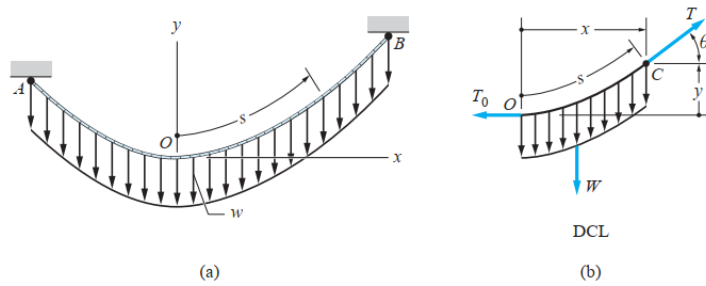


Figura 13. Representación de cable suspendido (a) y DCL de media cable (b).
Fuente: Pytel y Kiusalaas (10 pág. 318).

a) Ecuaciones de equilibrio:

$$\Sigma F_x = 0 \quad T * \cos\theta - T_0$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad T * \sen\theta - W$$

De donde se obtiene:

$$T * \cos\theta = T_0 \quad T * \sen\theta = W$$

$$\text{tang}\theta = \frac{W}{T_0} \quad T = \sqrt{T_0^2 + W^2}$$

2.2.7. Alambre de piano ASTM A228

Es el más usado de todos los materiales para fabricar resortes pequeños, generalmente se encuentra en diámetros de 0.12 a 3 mm, el esfuerzo de fluencia es en promedio del 65 % al 75 % del S_{ut} (7 pág. 506).

2.2.8. Diseño de ejes

Al diseñar ejes, es importante tener en cuenta tanto las cargas aplicadas como las deformaciones resultantes. La deflexión generalmente es el factor crítico, ya que las grandes deflexiones pueden causar un desgaste prematuro de los cojinetes del eje (8 pág. 418).

2.2.8.1. Esfuerzo en ejes

$$\sigma_a = k_f \frac{32M_a}{\pi d^3} \quad \text{esfuerzo flexionante alternante}$$

$$\sigma_a = k_{fm} \frac{32M_a}{\pi d^3} \quad \text{esfuerzo flexionante medio}$$

$$\tau_a = k_{fs} \frac{16T_a}{\pi d^3} \quad \text{esfuerzo torsional alternante}$$

$$\tau_a = k_{fs} \frac{16T_a}{\pi d^3} \quad \text{esfuerzo torsional medio}$$

2.2.8.2. Diseño para ciclo de flexión y torsión constantes invertidas

El método ASME ofrece una forma simplificada de diseñar ejes. Según el procedimiento ASME, se asume que la carga consiste en ciclos de flexión invertida (con una media de flexión igual a cero) y un torque constante (con una componente alternante de torque igual a cero) (8 pág. 419).

$$d = \left(\frac{32 * N_{diseño}}{\pi} \left(\left(K_f \frac{M_a}{S_f} \right)^x + \frac{3}{4} \left(K_{fs} \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

* M_a = momento alternante.

* T_m = momento torsor medio.

* $N_{diseño}$ = factor de diseño.

* S_f = límite de resistencia a la fatiga corregida.

* S_y = límite de fluencia del material.

* K_f = factor de concentrador de esfuerzos de fatiga por flexión.

* K_{fs} = factor de concentrador de esfuerzos de fatiga por torsión.

2.2.9. Unión por soldadura

La soldadura de metales mediante arco eléctrico involucra la concentración precisa de calor para derretir el material de base, al mismo tiempo que se añade material de relleno adecuado para unir las dos piezas (8 pág. 791).

2.2.9.1. Soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW)

También conocida como "soldadura con varilla", emplea electrodos recubiertos con fundente en su exterior. A medida que el arco eléctrico derrite el electrodo, el fundente que lo rodea se funde y fluye hacia la zona de soldadura para cubrirla y protegerla del contacto con el aire (8 pág. 792).









Tipo de soldadura							
Cordón	Filete	Tapón o muesca	Ranura				
			Cuadrada	V	Bisel	U	J
							

Figura 14. Símbolos de soldadura.

Fuente: Budynas y Nisbett (7 pág. 459).

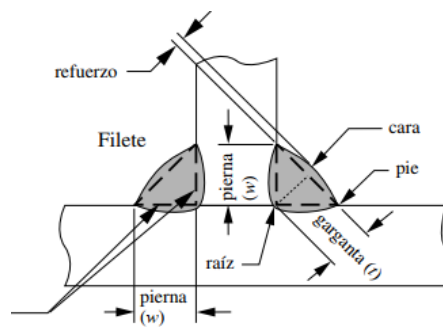


Figura 15. Soldadura a filete.

Fuente: Norton (8 pág. 274).

a) Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a flexión:

La fuerza cortante produce un cortante primario de magnitud:

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

*V: fuerza cortante en la garganta de soldadura.

*A: área total de la garganta.

El momento en el soporte produce un cortante secundario en las soldaduras:

$$\tau'' = \frac{M * c}{I}$$

*M: momento resultante en soldadura.

*c: distancia media entre las soldaduras.

*I: segundo momento del área I, con base en el área de la garganta de la soldadura.


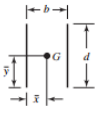
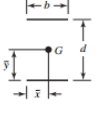
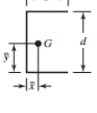
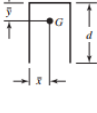
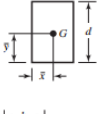
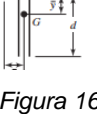
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$

Figura 16. Propiedades flexionantes de las soldaduras a filete.

2.2.10. Neumática

El término "neumática" se refiere al uso de aire comprimido y se constituye de la siguiente manera (11):

- Generar y alimentar aire comprimido (compresor, unidad de refrigeración, filtro).
- Distribuir aire comprimido (tubos rígidos y flexibles, acoplamientos).
- Controlar el aire comprimido (válvulas de presión, válvulas de vías, válvulas de bloqueo).
- Realizar trabajos con aire comprimido (cilindros, actuadores giratorios).

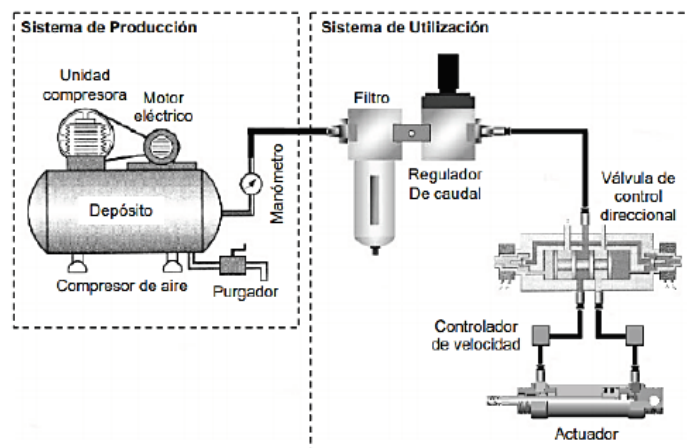


Figura 17. Sistema electroneumático básico.

Fuente: Ebel *et al.* (11).

2.2.11. Compresor neumático

Un compresor es un dispositivo que tiene la capacidad de tomar aire en condiciones específicas y aumentar su presión por encima de la que existe en la entrada, impulsándolo en consecuencia (12).

2.2.12. Cilindros de doble efecto

El CDE cuenta con un vástago que ejerce una fuerza de trabajo en dos direcciones de manera intercambiable, mediante la entrada y salida de aire en la cámara respectiva, y viceversa (12).

Cálculo de parámetros del cilindro.

Cálculo de la fuerza efectiva del émbolo en CDE:

*En carrera de avance: $Fe = S \cdot p - Fr$.

*En carrera de retroceso: $Fe = S' \cdot p - Fr$.

*Fe: fuerza real del embolo (Kn).

*S: superficie efectiva del émbolo (cm²).

*p: presión de trabajo (bar).

*Fr: fuerza de rozamiento (10 % Ft).

*S': superficie útil en retroceso (cm²).

$$S' = \pi(R^2 - r^2)$$

El consumo de aire comprimido se calcula de la siguiente manera (12):

$$v_{cil} = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) * L$$

Para determinar el volumen del aire bajo presión manométrica, se emplea la ley de Boyle-Mariotte:

$$v_{aire} = \frac{(P_{man} + P_t) * V_{cil}}{P_{man}}$$

Donde:

*Vaire: volumen del aire (cm³).

*Pman: presión manométrica (bar).

2.2.13. Válvulas distribuidoras

Se emplean para controlar el suministro de aire y regular el movimiento de los cilindros, ya sea permitiendo su avance o retroceso. Estas válvulas responden a las señales emitidas por la unidad de control y alternan entre bloquear o permitir el paso de aire en la sección operativa neumática (11).

2.2.14. Válvulas reguladoras de caudal

El estrangulador es efectivo únicamente en una dirección, mientras que en la otra dirección no tiene ningún efecto. El flujo de caudal pasa a través de la válvula reguladora en esa dirección (11).

2.2.15. Control electroneumático

Es una unión de la electricidad y la neumática. Está constituido de la siguiente manera (13):

- Dispositivos de entrada de señales: sensores de proximidad e interruptores.
- Procesamiento de la señal: combinación de contactores de relé o PLC.
- Señal de salida: activación de solenoides o indicadores.
- Accionamiento de potencia: activación de cilindros electroneumáticos.

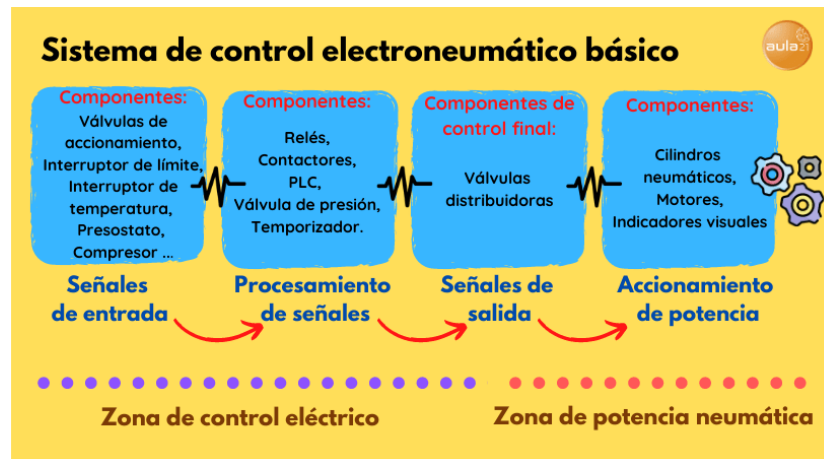


Figura 18. Sistema de control electroneumático básico.

Fuente: Centro de formación técnica para la industria (13).

2.2.16. Sensores de proximidad

Se usan para detectar la posición de los actuadores lineales (cilindros neumáticos) (11).

2.2.17. PLC (controlador lógico programable)

El PLC es un dispositivo electrónico digital equipado con una memoria programable que permite registrar instrucciones, realizar cálculos de funciones lógicas, configurar secuencias, sincronizar, contar y realizar operaciones aritméticas. Su objetivo principal es controlar máquinas y procesos (12).



Figura 19. Logo! 8 24RCE.

Fuente: Ebel *et al.* (11).

2.2.18. Encoder

Los encoders son dispositivos sensoriales que producen señales digitales en respuesta al movimiento. Cuando se utilizan junto con componentes mecánicos como engranajes, ruedas de medición o ejes de motores, pueden medir el movimiento lineal, la velocidad y la posición (14).

2.2.18.1. Codificación incremental

Los encoders incremental generan un número fijo de pulsos igualmente espaciados por revolución (PPR) o por unidad de movimiento lineal, ya sea en pulgadas o milímetros. Para aplicaciones en las que la dirección del movimiento no es importante (unidireccional), se utiliza un solo canal de salida. En casos donde se requiere conocer la dirección, se emplea la salida de cuadratura (bidireccional) (14).

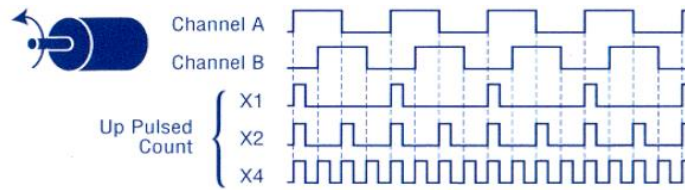


Figura 20. Encoder.

Fuente: West Instruments (14).

2.2.19. Diseño asistido por ordenador (CAD)

El diseño asistido por ordenador (CAD) implica la utilización de software informático para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas en dos o tres dimensiones de objetos físicos (15).

2.2.20. Métodos de los elementos finitos

El método de elementos finitos es una herramienta computacional aplicado en la resolución y diagnóstico de problemas de análisis estructural, permitiendo obtener información sobre desplazamientos, deformaciones y tensiones. Para realizar esta simulación, se divide la geometría de la pieza en partes más pequeñas, conocidas como "elementos", los cuales representan el dominio continuo del problema. Estos elementos finitos están conectados entre sí por puntos llamados "nodos", formando una malla (16).

2.2.21. Selección de rodamientos

Cada tipo de rodamiento tiene características específicas que determinan su idoneidad para ser utilizado en una aplicación particular. El factor principal que determina la duración del rodamiento es la fatiga causada por el contacto de rodadura (17).

2.2.21.1. Selección del tamaño del rodamiento en función de la vida nominal

Según la normativa ISO 281:1990, la duración estimada de funcionamiento de un rodamiento es:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

* L_{10} = vida esperada (confiabilidad del 90 %) medida en millones de revoluciones.

*C = Carga dinámica, kN.

*P = carga dinámica del rodamiento, kN.

*n = velocidad de giro, rpm.

*p = exponente de la ecuación de la vida, 3 para los rodamientos de bolas.

2.2.21.2. Vida nominal SKF

La duración en una aplicación no solo está determinada por la carga y el tamaño del rodamiento, sino también por una serie de factores, como la lubricación, el nivel de contaminación, la alineación, el correcto montaje y las condiciones ambientales (17).

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} L_{10} = a_1 a_{skf} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

* L_{nm} = vida nominal SKF (confiabilidad (100 – n1) %), millones de revoluciones.

* L_{nmh} = vida nominal SKF (confiabilidad (100 – n1) %), horas de funcionamiento.

* L_{10} = vida nominal básica (confiabilidad 90 %), millones de revoluciones.

* a_1 = factor de ajuste de la vida útil.

* a_{SKF} = factor de ajuste de la vida SKF.

Tabla 5. Valores para el factor de ajuste de la vida a_1 .

Valores del factor de ajuste de la vida útil a_1			
Confiabilidad	Probabilidad de falla n	Vida nominal SKF L_{nm}	Factor a_1
%	%	millones de revoluciones	–
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,64
96	4	L_{4m}	0,55
97	3	L_{3m}	0,47
98	2	L_{2m}	0,37
99	1	L_{1m}	0,25

Fuente: SKF (17 pág. 90).

Factor de ajuste de la vida a_{SKF} de SKF:

Expresa la conexión entre el coeficiente de carga límite de fatiga (P_u/P), las condiciones de lubricación (relación de viscosidad k) y el grado de contaminación (h_c) (17 pág. 94).

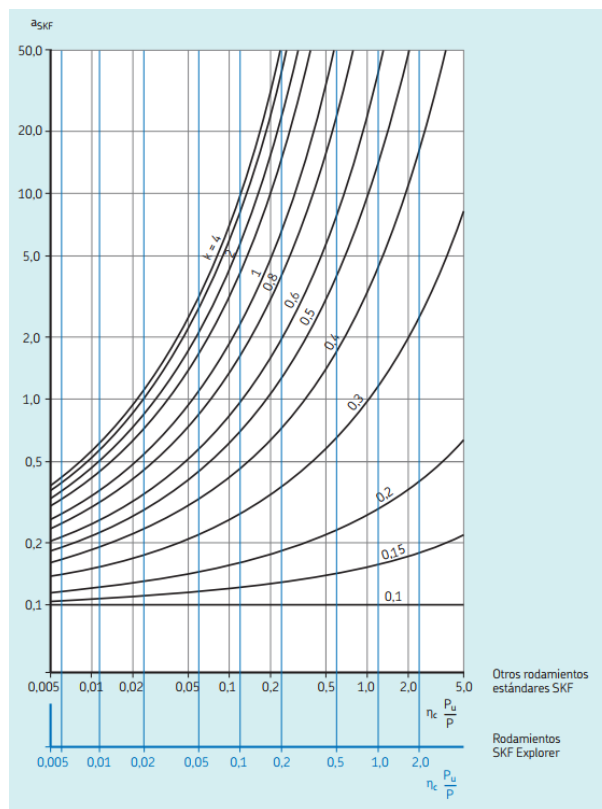


Figura 21. Factor a_{SKF} para rodamientos radiales de bolas.

Fuente: SKF (17 pág. 90).

a) Factor η_c para el nivel de contaminación:

Condiciones	Factor $\eta_c^{(1)}$ para rodamientos con diámetro	
	$d_m < 100$	$d_m \geq 100$ mm
Limpieza extrema • Tamaño de las partículas del orden del espesor de la película de lubricante • Condiciones de laboratorio	1	1
Gran limpieza • Aceite lubricante con filtración muy fina • Condiciones típicas: rodamientos sellados lubricados con grasa de por vida	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Limpieza normal • Aceite lubricante con filtración fina • Condiciones típicas: rodamientos con placas de protección lubricados con grasa de por vida	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Contaminación ligera • Condiciones típicas: rodamientos sin sello integral, filtrado grueso, partículas de desgaste y leve ingreso de contaminantes	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Contaminación típica • Condiciones típicas: rodamientos sin sello integral, filtrado grueso, partículas de desgaste e ingreso de partículas desde el exterior	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Contaminación severa • Condiciones típicas: altos niveles de contaminación debido a desgaste excesivo o sellos ineficaces • Disposición de los rodamientos con sellos ineficaces o dañados	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Contaminación muy severa • Condiciones típicas: niveles de contaminación tan severas que los valores de η_c están fuera de escala, lo que reduce significativamente la vida útil del rodamiento	0	0

¹⁾ La escala para η_c se refiere solo a contaminantes sólidos típicos. No se incluye la contaminación por agua u otros fluidos perjudiciales para la vida del rodamiento. Debido al fuerte desgaste abrasivo en entornos altamente contaminados ($\eta_c = 0$), la vida útil del rodamiento puede ser significativamente inferior a la vida nominal.

Figura 22. Factor η_c para niveles de contaminación.

Fuente: SKF (17 pág. 105).

b) Condiciones de lubricación - relación de viscosidad k:

$$K = \frac{v}{v_1}$$

Donde:

*k = relación de viscosidad.

*v = viscosidad real de funcionamiento del lubricante, mm²/s.

*v₁ = viscosidad nominal, en función del diámetro promedio del rodamiento y la velocidad de rotación, mm²/s.

Diagrama de la temperatura de viscosidad según los grados de viscosidad de la ISO
(Aceites minerales, índice de viscosidad 95)

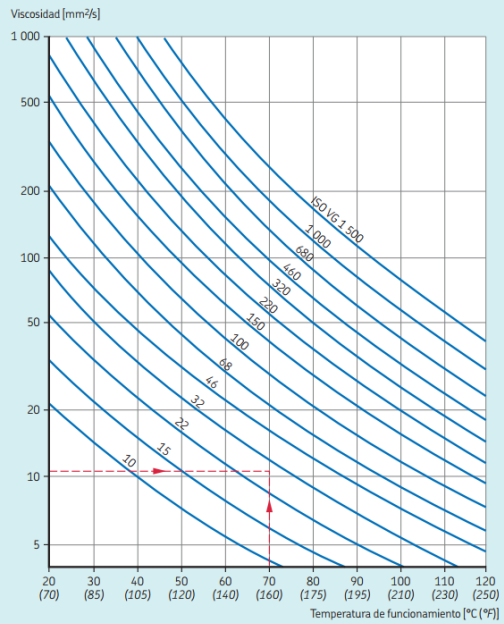


Figura 23. Conversión a la viscosidad cinemática V a la temperatura de referencia (clasificación ISO VG).

Fuente: SKF (17 pág. 100).

Cálculo de la viscosidad nominal v_1

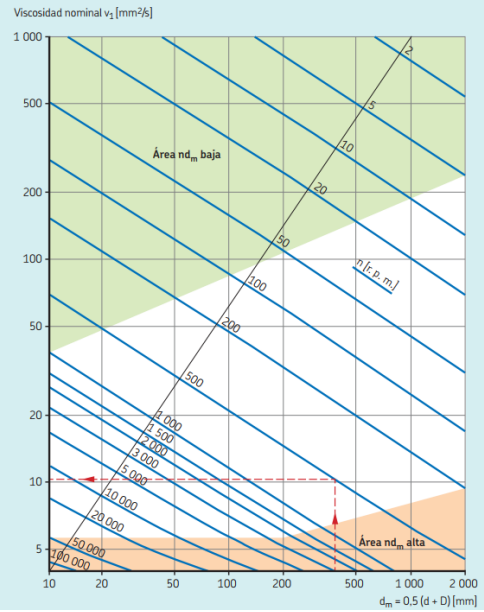


Figura 24. Cálculo de la viscosidad nominal v_1 .

Fuente: SKF (17 pág. 101).

2.2.21.3. Intervalos de relubricación

El factor $n * d_m * b_f$

- n: velocidad de rotación.
- n: velocidad de rotación.
- b_f : factor del rodamiento (para rodamiento de bolas :1).

La relación de carga C/P.

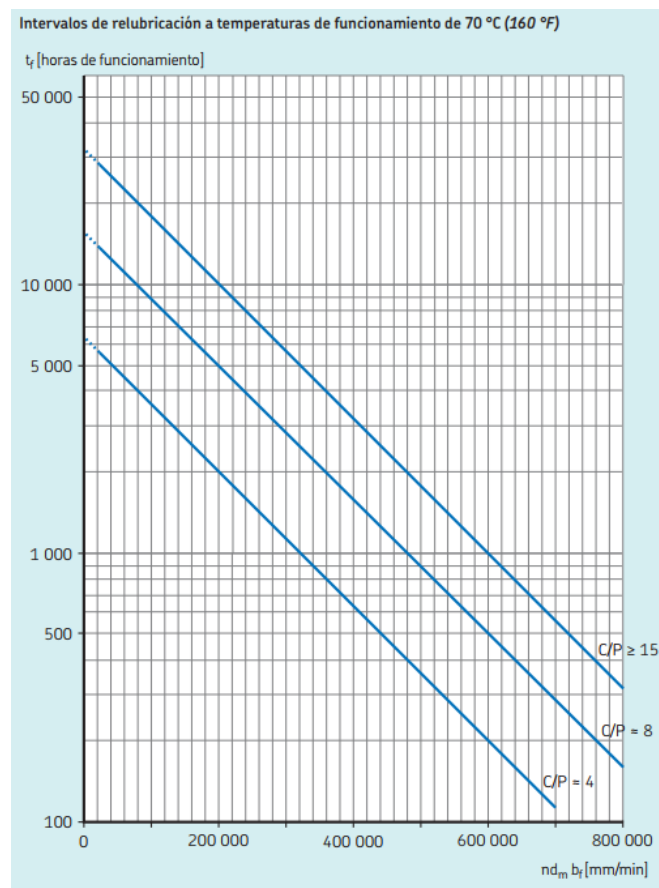


Figura 25. Intervalos de relubricación.

Fuente: SKF (17 pág. 112).

Ajustes del intervalo de relubricación			
Condición de funcionamiento / tipo de rodamiento	Descripción	Ajuste recomendado de t_r	Motivo del ajuste
Temperatura de funcionamiento	Por cada 15 °C (27 °F) por encima de 70 °C (160 °F) hasta el límite superior de temperatura (HTL)	La mitad del intervalo	Para justificar el envejecimiento acelerado de la grasa con el aumento de la temperatura
	Para 15 °C (27 °F) por debajo de 70 °C (160 °F)	El doble del intervalo (una vez como máximo) ¹⁾	Para justificar el riesgo reducido de envejecimiento de la grasa con el descenso de la temperatura
Orientación del eje	Rodamientos montados sobre un eje vertical	La mitad del intervalo	La grasa tiende a escapar por efecto de la gravedad
Vibración	Altos niveles de vibración o aceleración	Reducción del intervalo	Intervalo reducido en función de las instrucciones específicas de la máquina (p. ej., criba vibratoria)
Giro del aro exterior	Giro del aro exterior o peso del eje excéntrico	Calcule la velocidad como nD más que como $n d_m$	En estas condiciones, la grasa tiene una vida útil más corta
Contaminación	Contaminación o presencia de contaminantes líquidos	Ajuste en función del nivel de contaminación: Baja Los intervalos de relubricación se indican según la vida útil de la grasa. Se supone que el ingreso de contaminación en el rodamiento será muy bajo o nulo. Mediana Algunos contaminantes pueden ingresar al rodamiento. Se necesita relubricación adicional para eliminar los contaminantes. Alta Existe un claro riesgo de que los contaminantes ingresen en el rodamiento. Se necesita relubricación para eliminar la grasa envejecida y para eliminar los contaminantes. Grave La relubricación es necesaria, principalmente, para limpiar el rodamiento y eliminar los contaminantes.	Para reducir los efectos perjudiciales provocados por los contaminantes
Tamaño del rodamiento	Rodamientos con un diámetro del agujero $d > 300$ mm	Inicialmente, reduzca el intervalo por un factor 0,5. Si las muestras de grasa obtenidas antes de la relubricación resultan satisfactorias, se puede incrementar gradualmente el intervalo de relubricación.	Estas son disposiciones generalmente críticas, que requieren estrictos programas de relubricación frecuente
Rodamientos de rodillos cilíndricos	Rodamientos equipados con jaulas J, JA, JB, MA, MB, ML, MP y PHA ²⁾	La mitad del intervalo	Estos diseños de jaula requieren mayor separación de aceite de la grasa

Figura 26. Ajustes del intervalo de relubricación.

Fuente: SKF (17 pág. 115).

2.2.21.4. Cantidad de grasa en la relubricación

Se realiza la relubricación mediante los orificios ubicados en el centro del anillo interior o exterior. El llenado inicial se realiza con el 20 % del volumen libre en el soporte, y se determina la cantidad de lubricante a reponer: $G_p = 0.002 D B$ (17 pág. 113), donde:

- G_p = cantidad de grasa a añadir (g).
- D = diámetro exterior del rodamiento (mm).
- B = ancho total del rodamiento (mm).

2.3. Diagnóstico de la empresa

2.3.1. Descripción general

Ceramicos Pakamuros E.I.R.L. es una empresa peruana especializada en elaboración y comercialización de productos cerámicos bajo la marca Greq. Se encuentra ubicada en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca (18).

- RUC: 20480408960.
- Tipo: Empresa Individual del Resp. Ltda.
- Dirección: Cal. Marieta N° 321 Morro Solar - Jaén.
- Actividad comercial: Fab. Prod. Cerámica No Refract. Est.

2.3.2. Materiales para la elaboración de ladrillo

- Arcilla: silicato (60 %) + aluminio (30 %) + otros componentes (10 %).
- Agua libre de sales y otros contaminantes.
- Combustible (tamo de café 9 ton y GDP 400 gal por día).

2.3.3. Tipos de ladrillos fabricados en la empresa

Tabla 6. *Tipos de ladrillos marca Greq.*

Descripción	Peso (kg)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Imagen
King Kong estándar	2.40	23.00	12.00	9.00	
King Kong tipo IV	3.78	24.00	13.00	9.00	
Pandereta	1.85	22.00	11.00	9.00	
Panderetón	3.20	24.00	12.00	15.00	
Techo N° 15	7.00	30.00	30.00	15.00	
Techo N° 12	6.00	30.00	30.00	12.00	

2.3.4. Capacidad de producción en la línea de formado actual en la empresa

La empresa trabaja 8 horas por turno, realizando 2 turnos por día. La velocidad de producción máxima es de 24 ton/hora y se espera tener una capacidad de producción de 384 toneladas/día. Sin embargo, debido a paradas por fallas en la maquinaria y ladrillos defectuosos, la producción actual es en promedio 296.64 toneladas/día.

Tabla 7. *Producción actual de ladrillos Greq en la línea de formado.*

Tipo de ladrillo	Masa (kg)	Producción real			Producción buena		
		Mill/turno	Ton/día	Ton/mes	Ton/día	Ton/mes	Efic (%)
King Kong estándar	3.38	45.16	305.31	7937.93	304.36	7913.32	79.26 %
King Kong IV	4.32	34.20	295.45	7681.61	294.50	7656.90	76.69 %
Pandereta	2.64	58.07	306.60	7971.48	302.11	7854.79	78.67 %
Panderetón	4.48	33.23	297.72	7740.66	293.24	7624.18	76.36 %
Techo N° 15	9.67	15.48	299.47	7786.28	294.93	7668.12	76.80 %
Techo N° 12	7.95	18.52	294.42	7654.94	290.68	7557.79	75.70 %
Promedio		34.11	299.83	7795.48	296.64	7712.52	77.25 %

En la tabla 8 se puede observar que las pérdidas de producción en un día son 87.36 toneladas/día aproximadamente.

Tabla 8. *Pérdidas de producción global.*

Tipo de ladrillo	Mill/día	Ton/día	Ton/mes
King Kong estándar	23.56	79.64	2070.68
King Kong tipo IV	20.72	89.50	2327.10
Pandereta	31.02	81.89	2129.21
Panderetón	20.26	90.76	2359.82
Techo N° 15	9.21	89.07	2315.88
Techo N° 12	11.74	93.32	2426.21
Promedio	19.42	87.36	2271.48

2.3.5. Productividad actual en la línea de formado

La productividad está en función del número de máquinas involucradas en el área de formado el cual lo conforman 7 máquinas. Se puede observar (tabla 9) que la productividad actual es de 42.57 toneladas/día máquina.

Tabla 9. *Productividad actual en la línea de formado.*

Tipo de ladrillo	Ton/día.máq	Ton/mes.máq	Eficiencia (%)
King Kong estándar	43.48	1130.47	79.26 %
King Kong tipo IV	42.07	1093.84	76.69 %
Pandereta	43.16	1122.11	78.67 %
Panderetón	41.89	1089.17	76.36 %
Techo N° 15	42.13	1095.45	76.80 %
Techo N° 12	41.53	1079.68	75.70 %
Promedio	42.57	1101.79	77.25 %

2.3.6. Pérdidas de producción actual por ladrillos defectuosos

Tabla 10. *Pérdidas actuales por ladrillos defectuosos.*

Extrusora (unid/día)	Cortadora (unid/día)	Total (unid/día)	Total (ton/día)
200	80	280	0.95
150	70	220	0.95
1400	300	1700	4.49
800	200	1000	4.48
350	120	470	4.54
350	120	470	3.74
200	80	280	0.95

En la tabla 10 se pueden observar las pérdidas de ladrillos defectuosos principalmente por la extrusora y cortadora debido a que son las máquinas que más generan mermas.

2.3.7. Proceso de fabricación de ladrillos marca Greg

El proceso comienza con la extracción de arcilla. Posteriormente, se deposita en la tolva de carga y se transporta mediante una banda hacia el molino de martillos, donde se reduce a tamaños más finos. Luego, se lleva a la tolva de finos, que contiene una malla con un diámetro de 1/8", y el

material retenido se devuelve mediante una cinta transportadora para repetir el proceso de trituración.

La arcilla se transporta a la mezcladora, donde se añade agua para obtener una mezcla relativamente elástica. El porcentaje de agua adecuado es aproximadamente del 18 % por cada metro cúbico de arcilla. A continuación, se traslada la masa a la extrusora. Esta extrusora incorpora una bomba de vacío que elimina el aire atrapado en la masa. La extrusora comprime la masa hasta el orificio de expulsión, donde se coloca el molde correspondiente al tipo de ladrillo.

Después de la extrusión, los ladrillos pasan por la cortadora. Esta utiliza alambres de acerados para cortar la masa en dimensiones definidas según el tipo de ladrillo. Luego, los ladrillos son transportados en vagones al secadero, donde aprovechan el calor del horno para eliminar la humedad. Posteriormente, se llevan al horno tipo túnel para la cocción. Una vez finalizado este proceso, los ladrillos son transportados al almacén para su embalaje y distribución a las diferentes regiones del Perú.

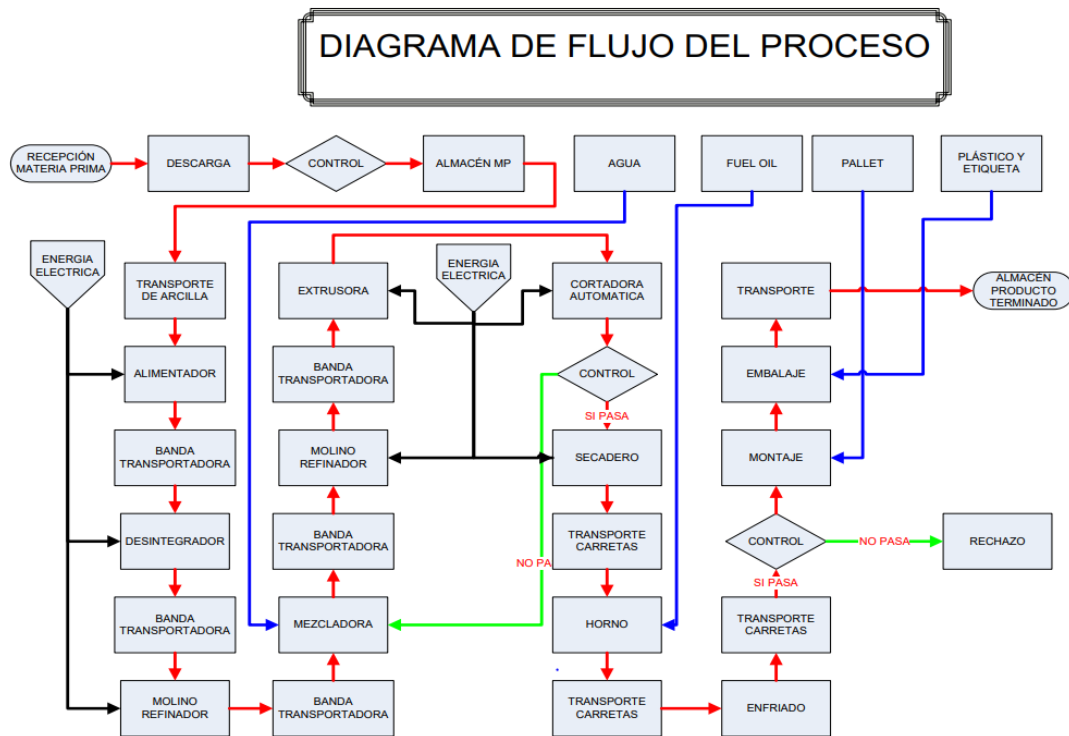


Figura 27. Diagrama de flujo del proceso de producción de ladrillos Greq.

2.4. Definición de términos básicos

- ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
- AWS: American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura).
- CAD: diseño asistido por computadora.
- HCF: régimen de fatiga de ciclo alto.
- ISO: Organización Internacional de Normalización.
- LCF: régimen de fatiga de ciclo bajo.
- PLC: controlador lógico programable.
- SKF: Svenska Kullager Fabriken (fábrica sueca de rodamientos).
- VDI: Asociación Alemana de Ingenieros.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de desarrollo tecnológico, ya que implica la aplicación de conocimientos en ciencias básicas e ingeniería, como diseño, automatización, electrónica y electricidad. Para el desarrollo del diseño de una máquina cortadora electroneumática de ladrillo cerámico con el objetivo de aumentar la producción en la línea de formado de la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.

3.2. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

La metodología aplicada en el desarrollo del proyecto de investigación es la VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*). Dado que se enfoca en la búsqueda de soluciones, su objetivo es adquirir la información necesaria para crear un diseño efectivo que conduzca a la creación de un prototipo capaz de satisfacer las necesidades requeridas.

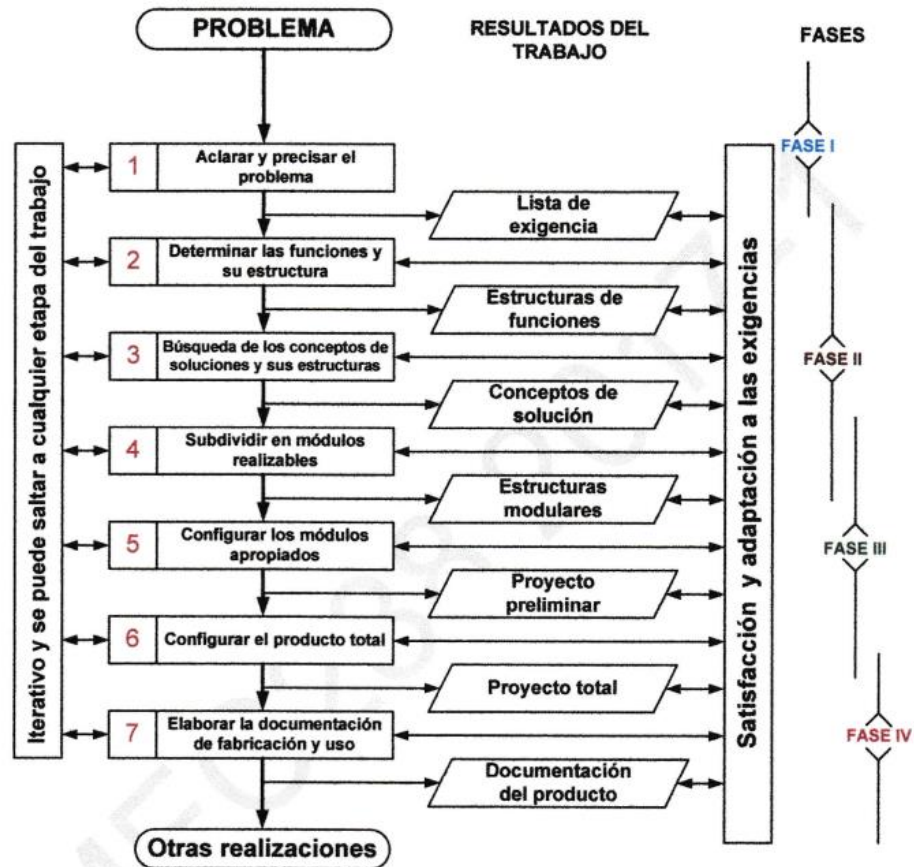


Figura 28. Enfoque general del proceso de diseño VDI 2221.

Fuente: Barriga (19).

3.2.1. Fase I: Información

3.2.1.1. Etapa 1: Aclarar y precisar el problema

Esta etapa engloba información crucial y precisa para el desarrollo del producto. Se establecen los objetivos a alcanzar, se consideran las limitaciones técnicas y se analizan las propiedades necesarias que el producto debe poseer. Además, se examina el estado actual de la tecnología y se desarrolla una planificación de desarrollo del proyecto. Como resultado, se obtiene una lista de requisitos a cumplir, donde se detallan y describen las demandas y preferencias del usuario final.

3.2.2. Fase II: Creación

La segunda fase involucra la creación conceptual del producto mediante el desarrollo de las etapas 2, 3 y 4.

3.2.2.1. Etapa 2: Determinar las funciones y su estructura

El proceso de abstracción implica definir la función principal de un producto mediante una representación de caja negra. En este enfoque, el producto se descompone en tres magnitudes principales de entrada y salida: materia, energía y señal.

Luego se determina la secuencia de operaciones, se fija los procesos técnicos y se definen las funciones parciales (caja blanca) en donde se da a conocer el proceso interno del producto.

3.2.2.2. Etapa 3: Búsqueda de los conceptos de solución y sus estructuras

En esta etapa se busca los portadores de la solución para cada una de las subfunciones (caja blanca), representados de una forma esquemática, luego mediante una matriz morfológica se realiza las combinaciones de los portadores de funciones para obtener los conceptos de solución. A continuación, se elaboran los bosquejos de dichos conceptos y se evalúan desde el punto de vista técnico y económico. El resultado final consiste en el concepto de solución óptimo, que mejor cumple con los requisitos establecidos.

3.2.2.3. Etapa 4: Subdividir en módulos realizables

Esta etapa implica la creación de una estructura modular que, a diferencia de la estructura inicial de la función o solución, brinda una visión preliminar de cómo se descompone la solución en grupos que pueden ser realizados. Estos módulos permiten establecer las especificaciones antes de proceder a desarrollar bocetos detallados del producto.

3.2.3. Fase III: Desarrollo

Esta fase comprende las etapas 5 y 6, donde se realiza el desarrollo del diseño definitivo del producto.

3.2.3.1. Etapa 5: Configurar los módulos apropiados

Esta etapa comprende el diseño preliminar del producto los cuales incluye refinamiento de la geometría, cálculos aproximados, elección de materiales, determinar los procesos de fabricación, determinar medidas principales, tolerancias y restricciones técnicas.

3.2.3.2. Etapa 6: Configurar el producto total

Esta etapa abarca el diseño definitivo del producto, incluyendo los cálculos finales, la validación de diseños mediante simulación computacional, la definición de materiales, la creación de la lista de piezas, los planos de ensamblaje y otros aspectos como circuitos eléctricos y neumáticos.

3.2.4. Fase IV: Elaboración de la ingeniería de detalles

Esta fase comprende la etapa 7, en la cual se realiza la documentación del producto.

3.2.4.1. Etapa 7: Elaborar la documentación de fabricación y uso

En esta etapa se presenta la documentación necesaria para la fabricación del producto, que incluye elementos como memorias de cálculo, planos de fabricación, planos de montaje, despieces, plan de mantenimiento preventivo, instrucciones de fabricación y montaje, entre otros.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

El propósito de este capítulo es sentar los fundamentos de diseño siguiendo la metodología descrita en el capítulo previo. Se divide en tres partes: identificación de requerimientos, análisis de la solución y diseño, que culminarán en la definición del diseño de una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico, con el fin de mejorar la producción en la línea de formado de la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.

4.1. Identificación de requerimientos

4.1.1. Estado del arte

Se desarrolla la búsqueda de información sobre cortadoras de ladrillo en el mercado que ayuden en el desarrollo del diseño.


4.1.1.1. Cortadoras de ladrillo cerámico comerciales

M1: Cortadora neumática de ladrillo cerámico modelo QPJ-1.

Pertenece a la empresa BRICTEC, China. Se utiliza para cortar ladrillos cerámicos. El bastidor de doble corte se adopta a la posición exacta, el alambre de acero es fácil de sustituir, el tiempo y mano de obra se ahorran, el bastidor de doble corte se adopta para proteger la seguridad de los operadores en el

cambio del alambre. El motor de empuje de ladrillo verde utiliza embrague neumático (20).

Tabla 11. Características de la cortadora modelo QPJ-1.


Capacidad de prod. (ton/hr)	60	
Altura máxima de corte (mm)	530	
Longitud máxima corte (mm)	2400	
Anchura máxima corte (mm)	1150	
Presión de trabajo (Mpa)	0.6-0.8	
Potencia (Kw)	11.2	
Dimensiones (m)	6.5x2.56x1.86	
Peso (ton)	2.9	
Funcionamiento	Automático	

Fuente: portal Made in China (20).

M2: Cortadora de ladrillo cerámico modelo CAB-400.

Este modelo es propiedad de la compañía brasileña BONFANTI y está diseñado para cortar los diversos tipos de ladrillo cerámico. El marco de corte está equipado con tres (3) alambres y puede realizar aproximadamente 30 cortes por minuto. La velocidad de corte está sincronizada con la producción de la extrusora, asegurando al mismo tiempo la uniformidad en el tamaño de las piezas (21).

Tabla 12. Características de la cortadora modelo CAB-400.


Capacidad de prod. (ton/hr)	20	
Altura máxima de corte (mm)	350	
Longitud máxima de corte (mm)	1300	
Ancho máximo de corte (mm)	550	
Potencia (Kw)	3	
Dimensiones (m)	4.1x1.4x1.8	
Peso (ton)	0.85	
Funcionamiento	Automático	

Fuente: Bonfanti (21).

M3: Cortadora neumática de ladrillo cerámico modelo CB-400.

Este modelo pertenece a la empresa BERTAN ubicado en Brasil. Se utiliza para cortar diversos tipos de ladrillo. La alimentación del ladrillo extruido es por faja transportadora. dispone de un mecanismo de medición de corte electrónico. El mecanismo de corte es por alambre y es accionado por un cilindro neumático en ambos sentidos.

Tabla 13. *Características de la cortadora modelo CB-400.*

Capacidad de prod. (ton/hr)	26	
Altura máxima de corte (mm)	450	
Ancho máximo de corte (mm)	500	
Longitud máxima corte (mm)	810	
Presión de trabajo (Mpa)	0.8	
Potencia (Kw)		
Peso (ton)	0.475	
Funcionamiento	Automático	

Fuente: Bertan.

M4: Cortadora neumática de ladrillo de cerámico modelo CAIG - 420RR.

Este modelo pertenece a la empresa KELENSKI ubicado en Brasil. Consta de un sistema neumático preciso y rápido. El corte es en horizontal en ambos sentidos, se adapta a cualquier tipo de ladrillo, velocidad de extrusión, cantidad de producción y tipo de material. Además, posee de fusibles de seguridad que bloquean la máquina en caso de detecte un impacto.

Tabla 14. Características de la cortadora CAIG - 400.

Capacidad de prod. (ton/hr)	30	
Altura máxima de corte (mm)	220	
Ancho máximo de corte (mm)	420	
Longitud máxima corte (mm)	1200	
Presión de trabajo (Mpa)	0.8	
Potencia (Kw)		
Peso (ton)	0.7	
Funcionamiento	Automático	

Fuente: Gelenski (22).

4.1.2. Lista de exigencias

La lista de exigencias se desarrolló en base a los antecedentes del problema. También se tomó en cuenta las necesidades y exigencias por parte de la empresa Ceramicos Pakamuros para aumentar la producción en la línea de formado. Esta lista permitirá determinar el diseño de la solución óptimo.

Tabla 15. Lista de exigencias del proyecto.

Lista de exigencias			Pág. 1 de 1
Criterios	D/E	Descripción	
Función principal	E	La máquina debe cortar todos los tipos de ladrillos fabricados en la empresa, con una capacidad de producción de 25 toneladas/hora.	
Geometría	D	Las dimensiones deben ser de 3.50 m l. x 0.8 a. x 0.8 m h.	
Fuerza	D	La dirección de la fuerza de corte debe ser en ambos sentidos.	
Energía	E	La energía será 220 Vac para alimentar sensores y electroválvulas.	
Materia prima	E	<u>Ingreso:</u> ladrillo cerámico extruido. <u>Salida:</u> ladrillos cerámicos cortados uniformemente.	
Material	E	La estructura de soporte del mecanismo de corte deber ser acero A36. El alambre de corte será acerado de calidad A-228.	
Eficiencia	E	Debe minimizar las pérdidas de ladrillos defectuosos por mal corte. Debe mejorar los índices de producción actuales de la empresa.	
Señales	E	<u>Entrada:</u> instrucciones (marcha, parada, selección de ladrillo) <u>Salida:</u> Indicadores de estado (funcionamiento del sistema y alarma)	
Cinemática	D	La estructura de soporte del mecanismo de corte debe estar sincronizado con la velocidad del ladrillo extruido.	
Seguridad	E	La máquina debe tener un sistema de parada por emergencia.	

Complejidad	E	El cambio de alambre en el mecanismo de corte deber ser sencillo. El sistema de medición de las distancias de corte debe ser fácil de implementar.
Control	E	El sistema de control será gobernado por un PLC. La programación del sistema de control debe ser en lenguaje Ladder. Las mediciones de las distancias de corte de ladrillo se realizarán de manera electrónica mediante encoder o sensor de proximidad.
Ergonomía	E	La altura de la mesa no debe superar los 90 cm para su fácil manipulación.
Transporte	D	La máquina debe ser de fácil transporte y manipulable.
Montaje	E	Los mecanismos de la cortadora deben ser de fácil montaje.
Mantenimiento	E	Los componentes mecánicos y eléctricos deben ser de fácil mantenimiento.
Fabricación	D	La cortadora podrá ser construida en talleres locales y los materiales deben estar disponibles en el mercado local.
Costos	E	Debe tener un costo de fabricación menor de S/ 30 000.

4.1.3. Planificación del desarrollo del proyecto

Tabla 16. Planificación del desarrollo del proyecto.

			PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO																																	
ITEM	ACTIVIDADES	DUR. (sem)	RECURSOS	SEMANAS																																
				S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31		
	METODOLOGIA DISEÑO	31.0																																		
1.00	Fase I: Información	4.0																																		
1.10	Aclaracion y delimitación problema	1.0	Word																																	
1.20	Estado de la tecnología	1.0	Word																																	
1.30	Lista de exigencias	1.0	Word																																	
1.40	Panificación de actividades	1.0	Excel																																	
2.00	Fase II: Concepto de solución	9.0																																		
2.10	Caja negra	1.0	Word																																	
2.20	Estructura de funciones	2.0	Word																																	
2.30	Matrix morfológica	2.0	Word																																	
2.40	Conceptos de solución	2.0	Word																																	
2.50	Concepto solución óptimo	2.0	Word																																	
3.00	Fase III: Elaboración del proyecto	12.0																																		
3.10	Proyectos preliminares	3.0																																		
3.1.1	Proyecto preliminar optimo	1.0	Word																																	
3.1.2	Calculos aproximados	2.0	Mathcad																																	
3.20	Proyecto definitivo	9.0																																		
3.2.1	Calculos definitivos	3.0	Mathcad																																	
3.2.2	Simulación de componentes	2.0	Solidworks																																	
3.2.3	Planos ensamble	2.0	Solidworks																																	
3.2.4	Lista de piezas	2.0	Solidworks																																	
4.00	Fase IV: Elaboración de detalles	6.0																																		
4.10	Memorias de calculo, diagramas	2.0	Word																																	
4.20	Planos de despiece	2.0	Solidworks																																	
4.30	Costos de fabricación	2.0	Excel																																	

4.2. Análisis de la solución

4.2.1. Caja negra (black - box)

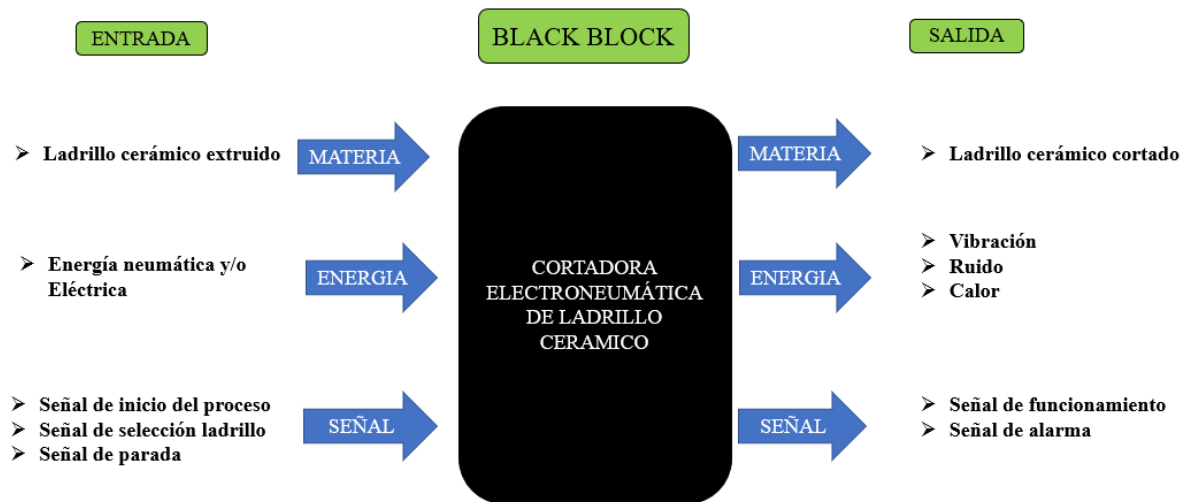


Figura 29. Caja negra.

Entradas:

- Materia: ladrillo cerámico extruido.
- Energía: energía neumática y/o eléctrica para realizar el proceso de corte.
- Señal: señal de encendido, marcha, parada y selección del tipo de ladrillo.

Salidas:

- Materia: ladrillo cerámico cortado.
- Energía: fuerza mecánica, ruido y vibraciones generado por los mecanismos.
- Señal: señal de accionamiento de electroválvulas, funcionamiento y emergencia.

4.2.2. Secuencia de operaciones

En primer lugar, se receptiona el ladrillo extruido, luego se mide la distancia de corte de acuerdo al tipo de ladrillo. Seguidamente, se activa el mecanismo de sujeción y se realiza el corte del ladrillo. Después, todos los componentes se llevan a su posición inicial para reiniciar el ciclo de corte. Mientras tanto, de forma paralela, el ladrillo cortado se retira mediante el empuje del mismo sistema.

4.2.3. Procesos técnicos

Preparación:

- Energizar la cortadora.
- Seleccionar el tipo de ladrillo a cortar.

Ejecución:

- Posicionamiento de los mecanismos.
- Medición de distancias de corte de acuerdo al tipo de ladrillo seleccionado.
- Accionamiento del mecanismo de sujeción.
- Accionamiento del mecanismo de corte.
- Retiro de ladrillos cortados.

Control:

- Verificación de presión de los actuadores neumáticos.
- Controlar el proceso de corte.

Fase final:

- Regresar los desperdicios de ladrillo a la mezcladora.
- Reiniciar el ciclo de corte.

4.2.4. Estructura de funciones

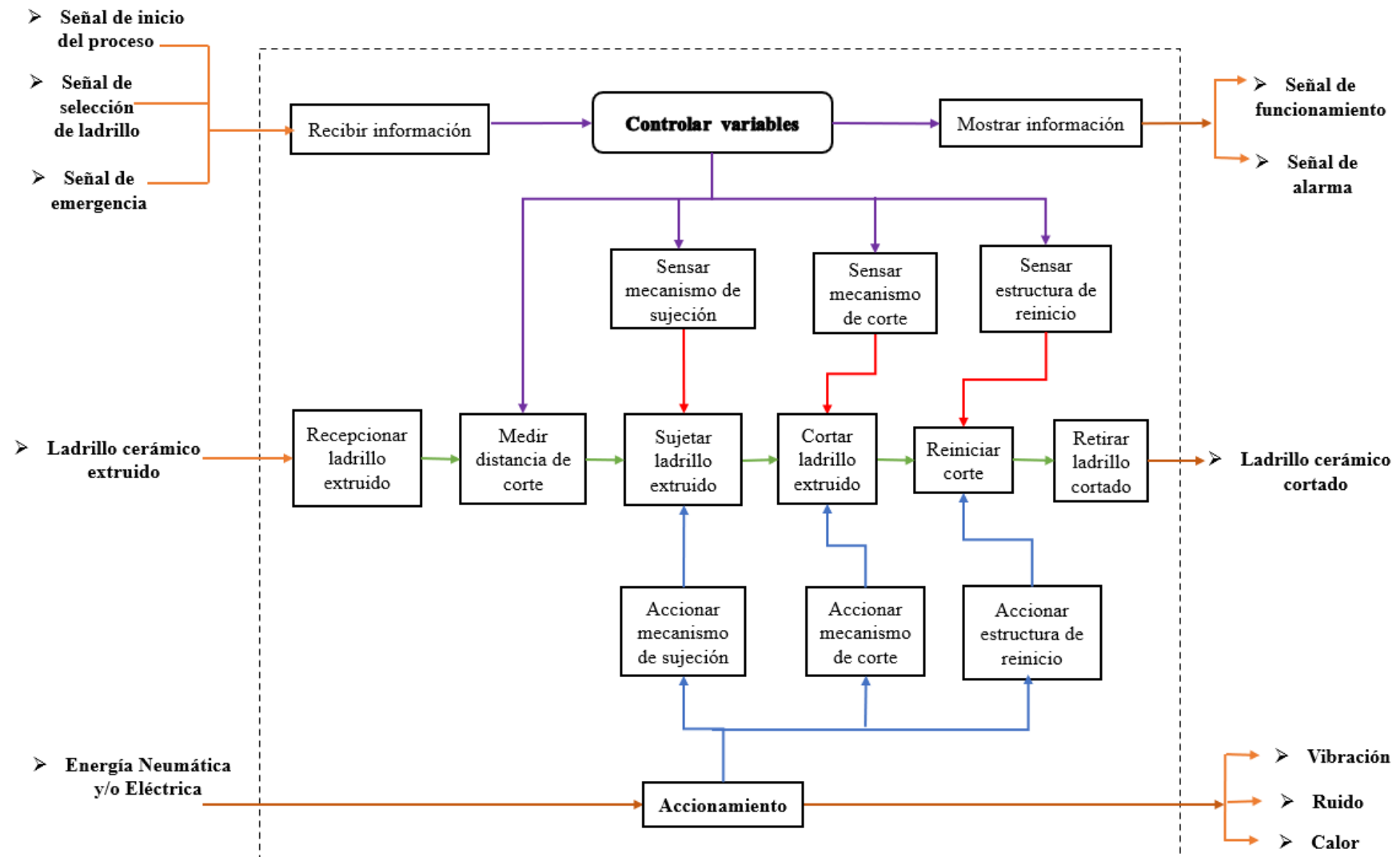


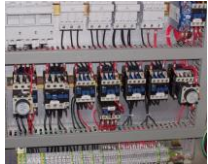
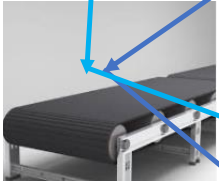
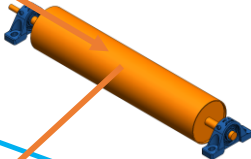

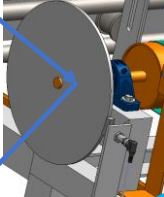
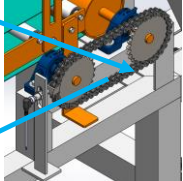


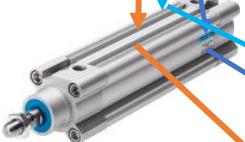





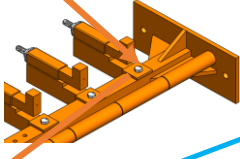
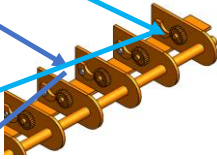






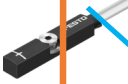









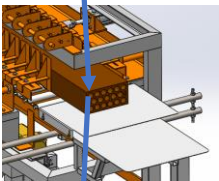

Figura 30. Estructura de funciones.

4.2.5. Matriz morfológica

Elaboración de la matriz morfológica con las funciones parciales detallados.

Tabla 17. Matriz morfológica.

Funciones	Portadores de solución		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Control de variables	PLC 	Arduino 	Logica cableada 
Recepcionar ladrillo extruido	Faja transportadora 	Rodillo 	
Medir distancias de corte de ladrillos	Encoder incremental 	Rueda - Sensor de proxim. 	Engranaje - Sensor proxim. 
Sujetar ladrillo extruido	Planchas sujecion 	Polines 	
Accionar el mecanismo de sujeción	Cilindro neumático 	Motorreductor 	Cilindro hidráulico 

Cortar ladrillo extruido	Mecanismo corte alambre y ajuste gancho 	Mecanismo corte alambre y ajuste tornillo 	Mecanismo corte alambre y ajuste enganaje 
Accionar el mecanismo de corte	Cilindro neumático 	Motorreductor 	Cilindro hidráulico 
Accionar estructura para reiniciar el ciclo de corte	Cilindro neumático 	Motorreductor 	Cilindro hidráulico 
Sensar mecanismo de sujecion	Sensor prox. Magnetorresistivo 	Sensor final de carrera 	Sensor de prox. infrarrojo 
Sensar mecanismo de corte	Sensor prox. magnetorresistivo 	Sensor final de carrera 	Sensor de prox. infrarrojo 
Sensar reinicio de componentes	Sensor magnetorresistivo 	Final de carrera 	Sensor de prox. infrarrojo 
Retirar ladrillo cortado	Empuje 1 	Empuje 2 	Manual 

S1

S2

S3

4.2.6. Propuestas de solución

Se presentan las propuestas de solución extraídas de la matriz morfológica, son diseños que están de acorde a la realidad y las funciones que realizarán.

a) Concepto de solución 1:

El primer concepto de solución propone una cortadora electroneumática dinámica, controlada por un PLC. La entrada del ladrillo extruido es por rodillo, en el cual se le acopla un encoder incremental para medir las distancias de corte según el tipo de ladrillo seleccionado. La sujeción del ladrillo es mediante planchas de sujeción accionado por dos cilindros neumáticos. El mecanismo de corte se realiza con alambre, tensado por tornillo y el movimiento es en ambos sentidos, dicho mecanismo será accionado por un cilindro neumático de doble efecto. La estructura que transporta todos los mecanismos es accionada por un cilindro neumático de doble efecto. Los actuadores neumáticos serán controlados con electroválvulas de 5/3 y sensores magnetorresistivos para detectar la posición.

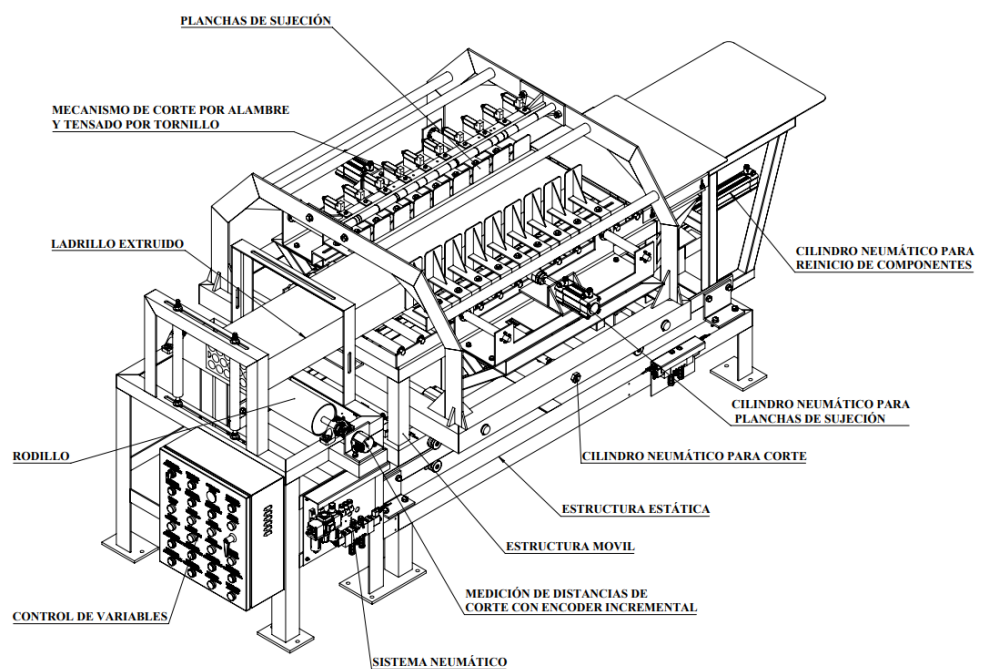


Figura 31. Concepto de solución 1.

b) Concepto de solución 2:

El segundo concepto de solución propone una cortadora dinámica controlada por PLC. La recepción de ladrillo extruido se realiza mediante una faja transportadora, en el cual está acoplado un mecanismo piñón-cadena el cual contiene una parte magnética que será detectado por un sensor de proximidad y de esta manera lograr las mediciones de las distancias de corte. La sujeción del ladrillo es mediante planchas de sujeción accionadas por dos cilindros neumáticos de doble efecto, controlados por una electroválvula 5/3 y sensores magnetorresistivos. El mecanismo de corte es con alambre tensado por engranaje en ambos sentidos, accionado por un cilindro neumático de doble efecto y su posición estará controlada mediante sensores electromecánicos. La estructura que moviliza los componentes es accionada con un motorreductor y cuenta con sensores electromecánicos para ajustar su posición.

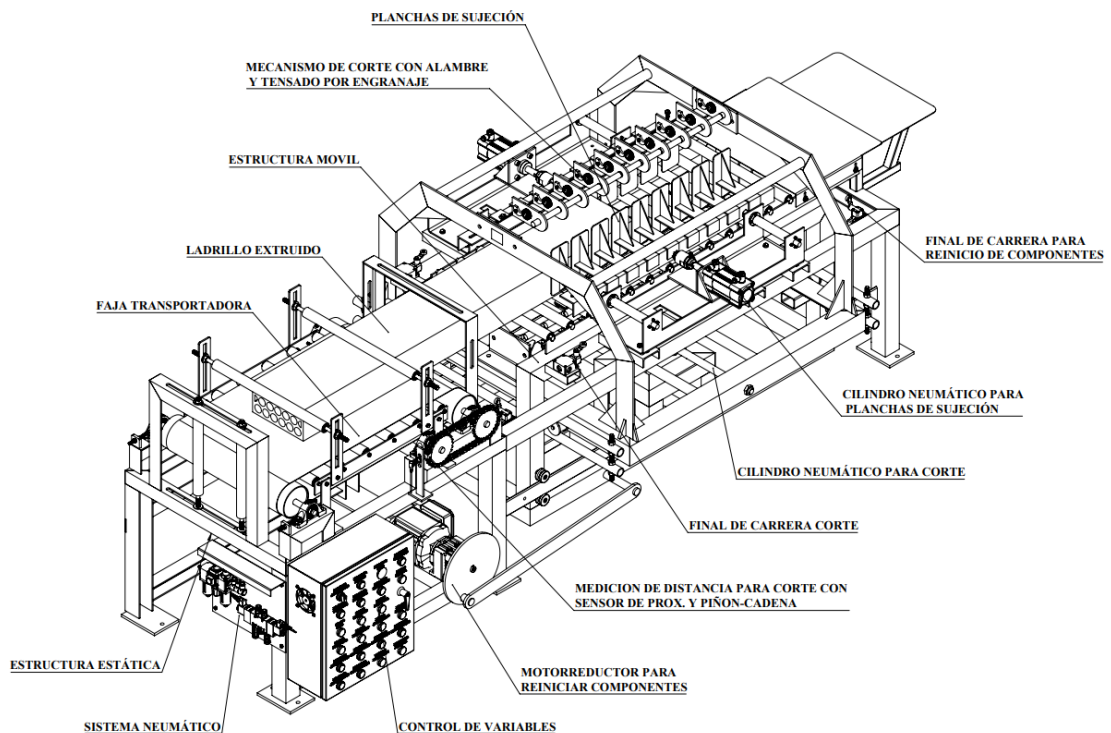


Figura 32. Concepto de solución 2.

c) Concepto de solución 3:

El tercer concepto de solución propone una cortadora dinámica controlada por Arduino. La recepción de ladrillo extruido es mediante faja transportadora. La medición de las distancias de corte es mediante una rueda acoplada a la faja transportadora el cual lleva una parte magnética que será detectado por el sensor de proximidad. La sujeción del ladrillo extruido es por planchas de sujeción accionados por dos cilindros neumático con sensores magnetorresistivos para la posición y controlados por una electroválvula 5/3. El mecanismo de corte es con alambre tensado por engranaje, con sensores electromecánicos para detectar posición. Dicho mecanismo es accionado por un motorreductor. La estructura que transporta todos los mecanismos es accionada por un cilindro neumático de doble efecto. Además, cuenta con sensores de posición electromecánicos.

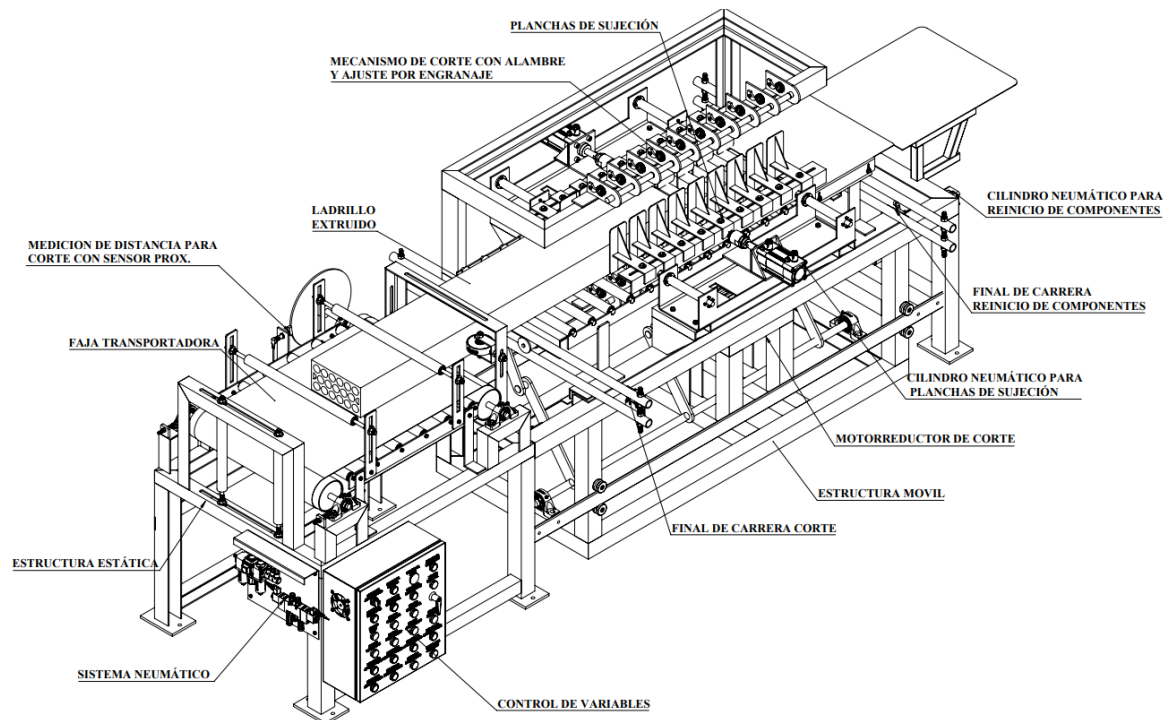


Figura 33. Concepto de solución 3.

4.2.7. Determinación de la solución óptima

A los conceptos de solución encontrados se les realiza una evaluación de carácter técnico y económico según recomendación de la norma VDI 2225. A cada criterio se le asigna un puntaje de 0 a 3 y se le multiplica por un peso ponderado a criterio del diseñador. Mediante este proceso se encontrará el concepto de solución óptimo de nuestro diseño.

4.2.7.1. Valorización técnica

Tabla 18. *Evaluación de conceptos de solución - valor técnico (Xi)*

P = puntaje de 0 a 4 (escala de valores según la VDI 2225)
 0 = No satisface 1 = poco aceptable 2 = suficiente 3 = bien 4 = muy bien (ideal)
 g = es el peso ponderado y se da en función a la importancia de cada criterio a evaluar

Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos										
Variantes de concepto/ proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. ideal	
			S1		S2		S3		S ideal	
N.º	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función	9	3	27	3	27	3	27	4	36
2	Geometría	6	2	12	2	12	2	12	4	24
3	Eficiencia	10	3	30	2	20	2	20	4	40
4	Ergonomía	7	2	14	3	21	3	21	4	28
5	Rapidez	9	3	27	3	27	2	18	4	36
6	Fabricación	8	3	24	3	24	2	16	4	32
7	Montaje	7	3	21	2	14	2	14	4	28
8	Mantenimiento	8	3	24	3	24	2	16	4	32
9	Transportabilidad	6	3	18	2	12	3	18	4	24
10	Seguridad	9	3	27	3	27	3	27	4	36
11	Estabilidad	7	3	21	3	21	3	21	4	28
12	Facilidad de manejo	7	3	21	2	14	2	14	4	28
13	Complejidad	7	3	21	3	21	2	14	4	28
Puntaje máximo			37	287	34	264	31	238	52	400
Valor Técnico (%)			71.75 %	66.00 %	59.50 %	100 %				

4.2.7.2. Valorización económica

Tabla 19. *Evaluación de conceptos de solución - valor económico (Yi).*

P = puntaje de 0 a 4 (escala de valores según la VDI 2225)
 0 = No satisface 1 = poco aceptable 2 = suficiente 3 = bien 4 = muy bien (ideal)
 g = es el peso ponderado y se da en función a la importancia de cada criterio a evaluar

Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos										
Variantes de concepto/ proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. ideal	
			S1	S2	S3	S ideal				
N.º	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Número de piezas	6	3	18	2	12	1	6	4	24
2	Fácil adquisición materiales	9	3	27	3	27	3	27	4	36
3	Numero de operarios	9	3	27	3	27	3	27	4	36
4	Costo de la tecnología	8	3	24	2	16	3	24	4	32
5	Facilidad de montaje	8	3	24	3	24	2	16	4	32
6	Costos de mantenimiento	6	3	18	3	18	3	18	4	24
7	Costos de operación	9	3	27	3	27	3	27	4	36
Puntaje máximo		21	165	19	151	18	145	28	220	
Valor Económico (%)		75.00 %		68.64 %		65.91 %		100.00		%

4.2.7.3. Toma de decisión

Tabla 20. *Comparación de resultados evaluados.*

Descripción	Valorización Técnica (%)	Valorización Económica (%)
Solución 1	71.75 %	75.00 %
Solución 2	66.00 %	68.64 %
Solución 3	59.50 %	65.91 %

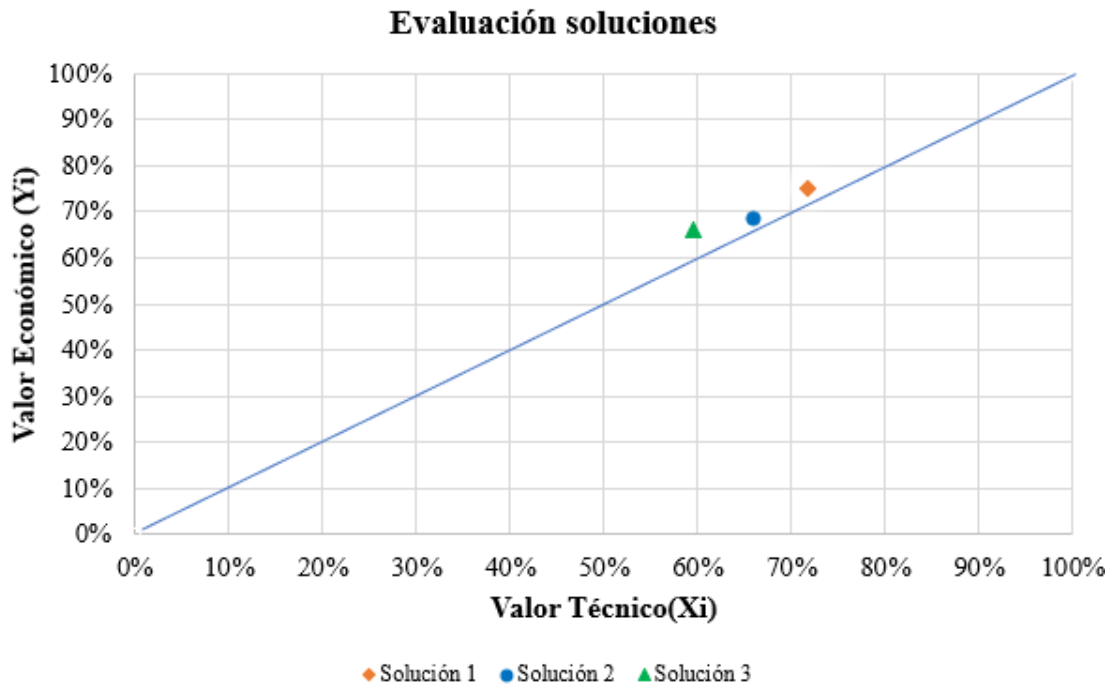


Figura 34. Esquema de dispersión lineal para la elección del resultado.

A partir del análisis del diagrama de evaluación técnico-económico, se concluye que la alternativa que mejor se ajusta a los requisitos establecidos en la lista de exigencias para el diseño de la cortadora electroneumática de ladrillo cerámico es el concepto de **solución 1**, por lo que se considera como la opción óptima. Esta solución será la que se desarrolle en los siguientes capítulos.

4.3. Diseño

En esta fase se desarrolla los cálculos preliminares preliminar y definitivos de la cortadora electroneumática, Como es la selección de componentes, selección de materiales, cálculo de mecanismos, análisis de fatiga, automatización, cálculos eléctricos. Para el diseño y simulación se utiliza el software CAD SolidWorks.

4.3.1. Cálculo de la fuerza de corte

La fuerza de corte para los diferentes tipos de ladrillo crudo se obtuvo de forma experimental (ver Anexo 1) al no tener datos sobre las propiedades mecánicas de la arcilla en estado húmedo. La fuerza de corte dependerá de la geometría de corte del diámetro del alambre y dureza del ladrillo.

Tabla 21. Resultados del experimento de la fuerza de corte.

Tipo de ladrillo	Dureza de ladrillo	Diámetro alambre (mm)	Longitud alambre (mm)	Método	Masa corte (kg)	Fuerza corte (N)
King Kong estándar	Dureza mínima	1.10	500	Experimental	14.00	137.20
	Dureza máxima	1.10	500	Experimental	16.00	156.96
King Kong tipo IV	Dureza mínima	1.10	500	Experimental	15.00	147.15
	Dureza máxima	1.10	500	Experimental	17.00	166.77
Techo N° 12	Dureza mínima	1.10	500	Experimental	14.00	137.20
	Dureza máxima	1.10	500	Experimental	16.00	156.80
Techo N° 15	Dureza mínima	1.10	500	Experimental	16.00	156.80
	Dureza máxima	1.10	500	Experimental	19.00	186.20
Pandereta	Dureza mínima	1.10	500	Experimental	18.00	176.40
	Dureza máxima	1.10	500	Experimental	21.00	205.80
Panderetón	Dureza mínima	1.10	500	Experimental	16.00	156.80
	Dureza máxima	1.10	500	Experimental	19.00	186.20

4.3.2. Análisis de esfuerzos en el alambre de corte

Se utilizó el alambre ASTM-2228 de 1.10 mm de diámetro, debido a que es el estándar utilizado en la empresa ladrillera, este posee las siguientes propiedades mecánicas:

$S_{ut} = 2000 \text{ MPa}$ Resistencia a la tensión del alambre ASTM-A228

$S_y = 1300 \text{ MPa}$ Resistencia a la fluencia del alambre ASTM-A22

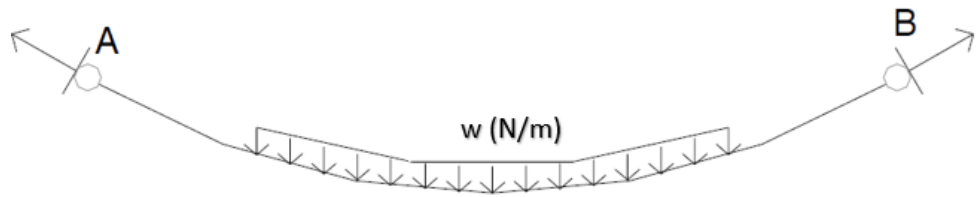


Figura 35. Interacción de fuerza del alambre con el ladrillo al momento del corte.

Se realizará el DCL de medio cable para calcular la tensión máxima en el cable, debido a que la carga es simétrica en ambos lados.

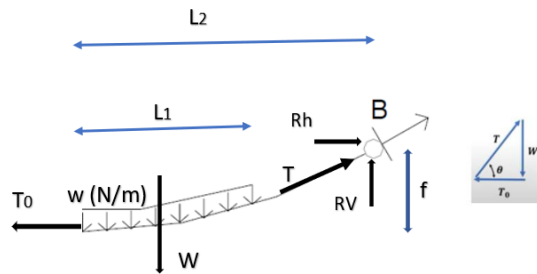


Figura 36. DCL de equilibrio de medio alambre.

4.3.2.1. Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo King Kong estándar

Datos:

$P_{corte} = 157 \text{ N}$	Fuerza de corte máxima.
$f = 20 \text{ mm}$	Flecha máxima del alambre.
$L_{ladrillo} = 120 \text{ mm}$	Longitud del ladrillo King Kong estándar.
$L_{cable} = 500 \text{ mm}$	Longitud del alambre corte.
$D = 1.10 \text{ mm}$	Diámetro del alambre corte.

$$L_1 = \frac{L_{ladr}}{2} = 0.06 \text{ m} \quad L_2 = \frac{L_{cable}}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 0.95 \text{ mm}^2 \quad \text{área del alambre corte}$$

a) Cálculo de w:

$$w = \frac{P_{corte}}{L_{ladr}} = 1308.3 \frac{N}{m} \quad \text{carga distribuida en el cable}$$

b) Cálculo de W:

$$W = w * L_1 = 78.5 N \quad \text{fuerza ejercida en medio cable}$$

c) Cálculo de T₀:

$$\Sigma M_B = 0 \quad W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right) - T_0 * f = 0 \quad T_0 = \frac{\left(W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right)\right)}{f} = 863.5 N$$

d) Cálculo de reacciones:

$$\Sigma F_{YX} = 0 \quad RB_h = T_0 = 863.5 N$$

$$\Sigma F_Y = 0 \quad RB_v = W_1 = 78.5 N$$

e) Cálculo del ángulo del triángulo de fuerzas en el cable:

$$\theta = \cot\left(\frac{W_1}{T_0}\right) = 11^\circ$$

f) Cálculo del esfuerzo máximo en el cable:

$$T = \sqrt{(T_0^2 + W_1^2)} = 867 N$$

$$\sigma_{max} = \frac{T}{A} = 912.4 MPa$$

g) Cálculo del factor de seguridad estático:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} = 1.76$$

4.3.2.2. Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo King Kong IV

Datos:

$P_{corte} = 170 \text{ N}$	Fuerza de corte máxima.
$f = 20 \text{ mm}$	Flecha máxima del alambre de corte.
$L_{ladrillo} = 130 \text{ mm}$	Longitud del ladrillo King Kong tipo IV.
$L_{cable} = 500 \text{ mm}$	Longitud del alambre corte.
$D = 1.10 \text{ mm}$	Diámetro del alambre corte.

$$L_1 = \frac{L_{ladr}}{2} = 0.065 \text{ m} \quad L_2 = \frac{L_{cable}}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 0.95 \text{ mm}^2 \quad \text{área del alambre corte}$$

a) Cálculo de w:

$$w = \frac{P_{corte}}{L_{ladr}} = 1308 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{carga distribuida total en cable}$$

b) Cálculo de W:

$$W = w * L_1 = 85 \text{ N} \quad \text{fuerza ejercida en medio cable}$$

c) Cálculo de T_0 :

$$\Sigma M_B = 0 \quad W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2} \right) - T_0 * f = 0 \quad T_0 = \frac{\left(W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2} \right) \right)}{f} = 924.4 \text{ N}$$

d) Cálculo de reacciones:

$$\Sigma F_{YX} = 0 \quad RB_h = T_0 = 924.4 \text{ N}$$

$$\Sigma F_Y = 0 \quad RB_v = W_1 = 85 \text{ N}$$

e) Cálculo de ángulo del triángulo de fuerzas:

$$\theta = \cot\left(\frac{W_1}{T_0}\right) = 10.8^\circ$$

f) Cálculo de esfuerzo máximo en el cable:

$$T = \sqrt{(T_0^2 + W_1^2)} = 928.4 \text{ N}$$

$$\sigma_{max} = \frac{T}{A} = 977 \text{ MPa}$$

g) Cálculo del factor de seguridad estático:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} = 1.6 \quad \text{Factor de seguridad}$$

4.3.2.3. Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo techo 15

Datos:

$P_{corte} = 186.4 \text{ N}$	Fuerza de corte máxima.
$f = 20 \text{ mm}$	Flecha máxima del alambre de corte.
$L_{ladrillo} = 150 \text{ mm}$	Longitud del ladrillo techo 15.
$L_{cable} = 500 \text{ mm}$	Longitud del alambre corte.
$D = 1.10 \text{ mm}$	Diámetro del alambre corte.

$$L_1 = \frac{L_{ladr}}{2} = 0.075 \text{ m} \quad L_2 = \frac{L_{cable}}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 0.95 \text{ mm}^2 \quad \text{área del alambre corte}$$

a) Cálculo de w:

$$w = \frac{P_{corte}}{L_{ladr}} = 1242.7 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{carga distribuida en el cable}$$

b) Cálculo de W :

$$W_1 = W * L_1 = 93.2 \text{ N} \quad \text{fuerza ejercida en medio cable}$$

c) Cálculo de T_0 :

$$\Sigma M_B = 0 \quad W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right) - T_0 * f = 0 \quad T_0 = \frac{\left(W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right)\right)}{f} = 900.2 \text{ N}$$

d) Cálculo de reacciones:

$$\begin{aligned} \Sigma F_Y = 0 \quad R_{B_v} &= W_1 = 93.2 \text{ N} \\ \Sigma F_{YX} = 0 \quad R_{B_H} &= T_0 = 900.2 \text{ N} \end{aligned}$$

e) Cálculo del ángulo del triángulo de fuerzas en el cable:

$$\theta = \cot\left(\frac{W_1}{T_0}\right) = 9.7^\circ$$

f) Cálculo del esfuerzo máximo en el cable:

$$\begin{aligned} T &= \sqrt{(T_0^2 + W_1^2)} = 905 \text{ N} \\ \sigma_{max} &= \frac{T}{A} = 952.4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

g) Cálculo de factor de seguridad estático:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} = 1.7$$

4.3.2.4. Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo pandereta

Datos:

$P_{corte} = 205 \text{ N}$	Fuerza de corte máxima.
$f = 20 \text{ mm}$	Flecha máxima del alambre de corte.
$L_{ladrillo} = 180 \text{ mm}$	Longitud del ladrillo pandereta.
$L_{cable} = 500 \text{ mm}$	Longitud del alambre corte.
$D = 1.10 \text{ mm}$	Diámetro del alambre corte.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 1.021 \text{ mm}^2 \quad \text{área del alambre corte}$$

$$L_1 = \frac{L_{ladr}}{2} = 0.09 \text{ m} \quad L_2 = \frac{L_{cable}}{2} = 0.225 \text{ m}$$

a) Cálculo de w:

$$w = \frac{P_{corte}}{L_{ladr}} = 1138.9 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{carga distribuida}$$

b) Cálculo de W:

$$W = w * L_1 = 102.5 \text{ N} \quad \text{fuerza ejercida en medio cable}$$

c) Cálculo de T_0 :

$$\Sigma M_B = 0 \quad W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right) - T_0 * f = 0 \quad T_0 = \frac{\left(W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2}\right)\right)}{f} = 1050.6 \text{ N}$$

d) Cálculo de reacciones:

$$\Sigma F_Y = 0 \quad RB_v = W_1 = 102.5 \text{ N}$$

$$\Sigma F_{YX} = 0 \quad RB_H = T_0 = 1050.6 \text{ N}$$

e) Cálculo del ángulo del triángulo de fuerzas en el cable:

$$\theta = \cot\left(\frac{W_1}{T_0}\right) = 10.2^\circ$$

f) Cálculo del esfuerzo máximo en el cable:

$$T = \sqrt{T_0^2 + W_1^2} = 1055.6 \text{ N}$$

$$\sigma_{max} = \frac{T}{A} = 1110.8 \text{ MPa}$$

g) Cálculo del factor de seguridad estático:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} = 1 \text{ Factor de seguridad}$$

4.3.2.5. Análisis de esfuerzo del alambre de corte con ladrillo techo 12

Datos:

$P_{corte} = 157 \text{ N}$	Fuerza de corte máxima.
$f = 25 \text{ mm}$	Flecha máxima del alambre de corte.
$L_{ladrillo} = 120 \text{ mm}$	Longitud del ladrillo techo 12.
$L_{cable} = 500 \text{ mm}$	Longitud del alambre corte.
$D = 1.10 \text{ mm}$	Diámetro del alambre corte.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 1.021 \text{ mm}^2 \text{ área del alambre corte}$$

$$L_1 = \frac{L_{ladr}}{2} = 0.06 \text{ m} \quad L_2 = \frac{L_{cable}}{2} = 0.25 \text{ m}$$

a) Cálculo de w:

$$w = \frac{P_{diseño}}{L_{ladr}} = 1308.3 \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ carga distribuida en el cable}$$

b) Cálculo de W:

$$W = w * L_1 = 78.5 \text{ N} \text{ fuerza ejercida en medio cable}$$

c) Cálculo de T_0 :

$$\Sigma M_B = 0 \quad W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2} \right) - T_0 * f = 0 \quad T_0 = \frac{\left(W_1 * \left(L_2 - \frac{L_1}{2} \right) \right)}{f} = 863.5 \text{ N}$$

d) Cálculo de reacciones:

$$\begin{aligned} \Sigma F_Y = 0 \quad R_{B_v} &= W_1 = 78.5 \text{ N} \\ \Sigma F_{YX} = 0 \quad R_{B_H} &= T_0 = 863.5 \text{ N} \end{aligned}$$

e) Cálculo del ángulo del triángulo de fuerzas en el cable:

$$\theta = \cot \left(\frac{W_1}{T_0} \right) = 7.7^\circ$$

f) Cálculo del esfuerzo máximo en el cable:

$$\begin{aligned} T &= \sqrt{(T_0^2 + W_1^2)} = 867 \text{ N} \\ \sigma_{max} &= \frac{T_{max}}{A} = 912.4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

g) Cálculo del factor de seguridad estático:

$$N = \frac{S_y}{\sigma_{max}} = 1.76$$

4.3.3. Análisis de fatiga del alambre de corte

El alambre genera ciclos de esfuerzos repetidos de tensión (ver figura 8). en base al cálculo realizado de tensiones se procede a realizar el análisis de fatiga.

4.3.3.1. Análisis de fatiga del alambre con ladrillo King Kong estándar

$\sigma_{max} = 912.4 \text{ MPa}$ esfuerzo máximo de tensión en el alambre.

$\sigma_{min} = 0 \text{ MPa}$ esfuerzo mínimo de tensión en el alambre.

a) Cálculo del límite de resistencia a la fatiga (S_e) sin corregir:

$$S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \quad \text{entonces} \quad S_e = 700 \text{ MPa}$$

b) Cálculo de los factores de corrección de resistencia a la fatiga:

- Factor de carga:

$$C_{carga} = 0.7 \text{ tensión}$$

- Factor de tamaño:

$$\text{Para } d \leq 0.3 \text{ in } 8 \text{ mm} \quad C_{tamaño} = 1$$

- Factor de superficie:

$$C_{superficie} = 0.5 \text{ acabado maquinado}$$

- Factor de temperatura:

$$\text{Para } T \leq 450 \text{ C (840 F)} \quad C_{temp} = 1$$

- Factor de confiabilidad:

$$C_{conf} = 0.6 \text{ confiabilidad del 99.99 \%}$$

c) Límite de resistencia a la fatiga corregida (S_f):

$$S_f = C_{carga} + C_{tamaño} + C_{superficie} + C_{temp} + C_{conf} * S_e = 147 \text{ MPa}$$

d) Cálculo de los esfuerzos alternantes y medios nominales:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 456.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 456.2 \text{ MPa}$$

e) Factor de seguridad a la fatiga:

$$N_f = \frac{(S_f * S_{ut})}{(\sigma_a * S_{ut}) + (\sigma_m * S_f)} = 0.3$$

f) Cálculo del número de ciclos:

$$a = \frac{(0.56 * S_{ut})^2}{S_f} = 6802.7 \text{ MPa}$$

$$b = \frac{-1}{3} * \log\left(\frac{S_m}{S_f}\right) = -0.278$$

$$\sigma_{inv} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 590.6 \text{ MPa}$$

$$N = \left(\frac{\sigma_{inv}}{a}\right)^{\frac{1}{b}} = 6664 \text{ ciclos}$$

g) Duración del alambre de corte:

$$Prod = 7150 \text{ ladr/hr} \quad N_{alambres} = 10 \text{ alambres}$$

$$cortes_{hr} = \frac{prod}{N_{alambres}} = 357.5 \frac{cortes}{hr}$$

$$Vida_{alambre} = \frac{N}{Ciclos_{hr}} = 9 \text{ horas}$$

4.3.3.2. Análisis de fatiga del alambre con ladrillo King Kong tipo IV

$\sigma_{max} = 977 MPa$ esfuerzo máximo de tensión en el alambre.

$\sigma_{min} = 0 MPa$ esfuerzo mínimo de tensión en el alambre.

a) Límite de resistencia a la fatiga corregida (S_f):

$$S_f = 147 MPa$$

b) Cálculo de los esfuerzos alternantes y medios:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 488 MPa$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 488 MPa$$

c) Factor de seguridad a la fatiga:

$$N_f = \frac{(S_f * S_{ut})}{(\sigma_a * S_{ut}) + (\sigma_m * S_f)} = 0.28$$

d) Cálculo del número ciclos:

$$a = \frac{(0.56 * S_{ut})^2}{S_f} = 6802.7 MPa$$

$$b = \frac{-1}{3} * \log\left(\frac{S_m}{S_f}\right) = -0.278$$

$$\sigma_{inv} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 645.5 MP$$

$$N = \left(\frac{\sigma_{inv}}{a}\right)^{\frac{1}{b}} = 4840 \text{ ciclos}$$

e) Duración del alambre de corte:

$$Prod = 5600 \frac{ladr}{hr} \quad N_{alambres} = 10 \text{ alambres}$$

$$cortes_{hr} = \frac{prod}{N_{alambres}} = 560 \frac{cortes}{hr}$$

$$Vida_{alambre} = \frac{N}{cortes_{hr}} = 8.6 \text{ horas}$$

4.3.3.3. Análisis de fatiga del alambre con ladrillo techo 15

$\sigma_{max} = 952.4 \text{ MPa}$ esfuerzo máximo de tensión en el alambre.

$\sigma_{min} = 0 \text{ MPa}$ esfuerzo mínimo de tensión en el alambre.

a) Límite de resistencia a la fatiga corregida (S_f):

$$S_f = 247 \text{ MPa}$$

b) Cálculo de los esfuerzos alternantes y medios:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 476 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 476 \text{ MPa}$$

c) Factor de seguridad a la fatiga:

$$Nf = \frac{(S_f * S_{ut})}{(\sigma_a * S_{ut}) + (\sigma_m * S_f)} = 0.28$$

d) Cálculo del número de ciclos:

$$a = \frac{(0.56 * S_{ut})^2}{S_f} = 6802.7 \text{ MPa}$$

$$b = \frac{-1}{3} * \log\left(\frac{S_m}{S_f}\right) = -0.28$$

$$\sigma_{inv} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 624.7 \text{ MP}$$

$$N = \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^{\frac{1}{b}} = 5447 \text{ ciclos}$$

e) Duración del alambre de corte:

$$Prod = 2300 \frac{ladr}{hr} \quad N_{alambres} = 3$$

$$cortes_{hrs} = \frac{prod}{N_{alambres}} = 766.7 \frac{cortes}{hr}$$

$$Vida_{alambre} = \frac{N}{Ciclos_{hr}} = 7 \text{ horas}$$

4.3.3.4. Análisis de fatiga del alambre con ladrillo pandereta

$\sigma_{max} = 1100.8 \text{ MPa}$ esfuerzo máximo de tensión en el alambre.

$\sigma_{min} = 0 \text{ MPa}$ esfuerzo mínimo de tensión en el alambre.

a) Límite de resistencia a la fatiga corregida (S_f):

$$S_f = 247 \text{ MPa}$$

b) Cálculo de los esfuerzos alternantes y medios:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 555.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 555.4 \text{ MPa}$$

c) Factor de seguridad a la fatiga:

$$Nf = \frac{(S_f * S_{ut})}{(\sigma_a * S_{ut}) + (\sigma_m * S_f)} = 0.247$$

d) Cálculo del número de ciclos:

$$a = \frac{(0.56 * S_{ut})^2}{S_f} = 6802.7 \text{ MPa}$$

$$b = \frac{-1}{3} * \log\left(\frac{S_m}{S_f}\right) = -0.278$$

$$\sigma_{inv} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 624.7 \text{ MP}$$

$$N = \left(\frac{\sigma_{inv}}{a}\right)^{\frac{1}{b}} = 2577 \text{ ciclos}$$

e) Duración del alambre de corte:

$$Prod = 8500 \frac{ladr}{hr} \quad N_{alambres} = 4$$

$$cortes_{hr} = \frac{\frac{prod}{4}}{N_{alambres}} = 531.25 \frac{cortes}{hr}$$

$$Vida_{alambre} = \frac{N}{Ciclos_{hr}} = 4.85 \text{ horas}$$

4.3.3.5. Análisis de fatiga del alambre con ladrillo techo 12

$\sigma_{max} = 1382 \text{ MPa}$ esfuerzo máximo de tensión en el alambre.

$\sigma_{min} = 0 \text{ MPa}$ esfuerzo mínimo de tensión en el alambre.

a) Límite de resistencia a la fatiga corregida (S_f):

$$S_f = 235.7 \text{ MPa}$$

b) Cálculo de los esfuerzos alternantes y medios nominales:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 456.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 456.2 \text{ MPa}$$

c) Factor de seguridad a la fatiga:

$$Nf = \frac{(S_f * S_{ut})}{(\sigma_a * S_{ut}) + (\sigma_m * S_f)} = 0.3$$

d) Cálculo del número de ciclos:

$$a = \frac{(0.56 * S_{ut})^2}{S_f} = 6802.7 \text{ MPa}$$

$$b = \frac{-1}{3} * \log\left(\frac{S_m}{S_f}\right) = -0.278$$

$$\sigma_{inv} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} = 590.6 \text{ MPa}$$

$$N = \left(\frac{\sigma_{inv}}{a}\right)^{\frac{1}{b}} = 6664 \text{ ciclos}$$

e) Duración del alambre de corte:

$$Prod = 7150 \frac{ladr}{hr} \quad N_{alambres} = 10 \text{ alambres}$$

$$cortes_{hr} = \frac{prod}{N_{alambres}} = 357.5 \frac{cortes}{hr}$$

$$Vida_{alambre} = \frac{N}{Ciclos_{hr}} = 9 \text{ horas}$$

4.3.4. Cálculo del diámetro del eje del rodillo

Las cargas actuantes sobre el eje son el peso del rodillo más el peso de ladrillo crudo y la fuerza tangencial del ladrillo.

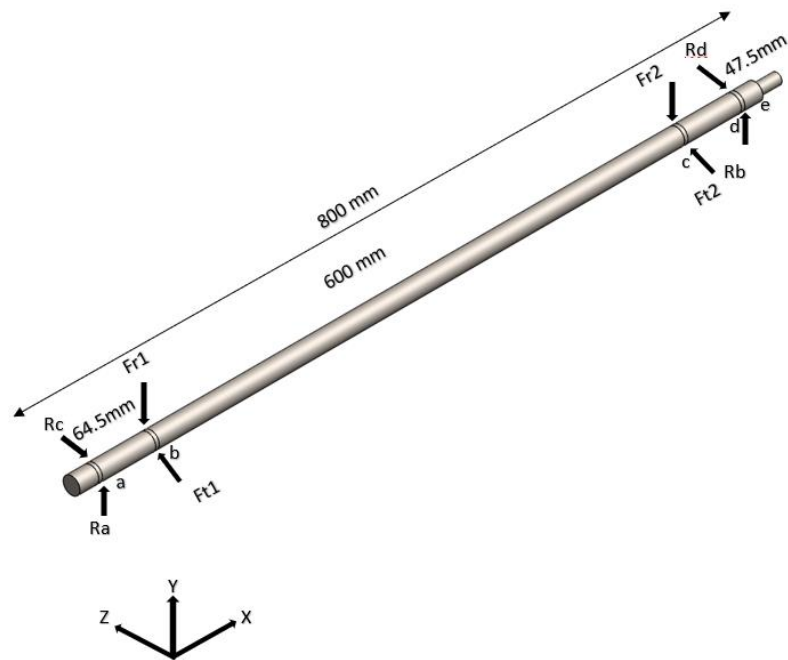


Figura 37. DCL del eje del rodillo.

a) Cálculo de cortante y momento en el plano XY:

- Peso de ladrillo crudo:

$$M_{ladrillo} = 30 \text{ kg} \quad P_{ladrillo} = M_{ladrillo} * g = 294 \text{ N}$$

- Peso de tambor:

$$P_{tambor} = 58 \text{ N}$$

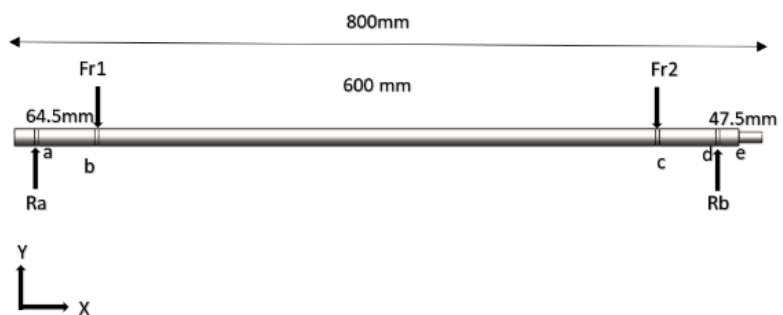


Figura 38. DCL en el plano XY del eje.

$$F_{radial} = \frac{(P_{ladrillo} + P_{tambor})}{2} = 176.2 \text{ N}$$

$$F_{r1} = \frac{F_{radial}}{2} = 88.3 \text{ N} \quad F_{r2} = F_{r1}$$

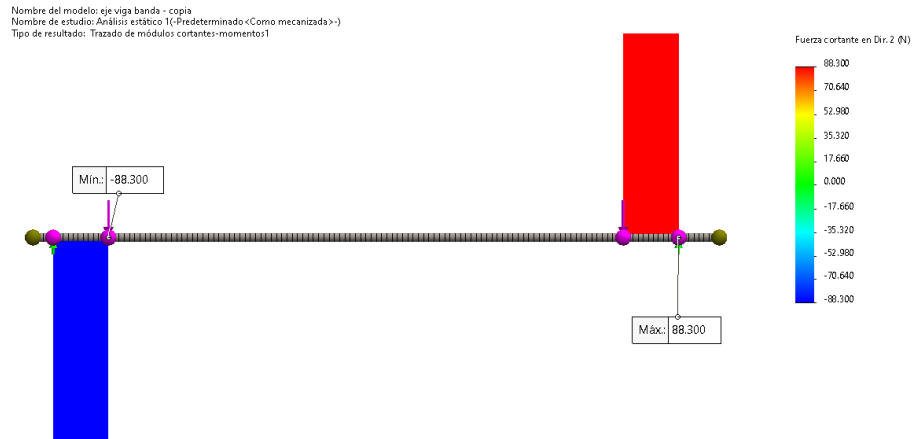


Figura 39. Diagrama de cortantes en el plano XY.

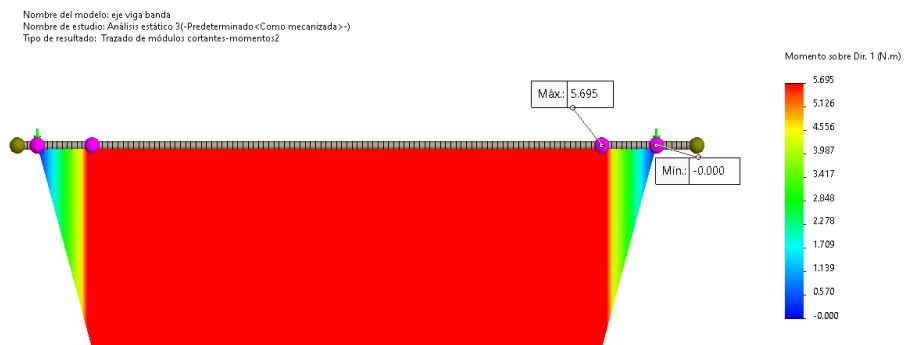


Figura 40. Diagrama de momentos en el plano XY en el eje.

$$M_{XY} = 5.7 \text{ N} * m$$

b) Cálculo de cortante y momento en el plano XZ:

El momento de torsión es ejercida por la fuerza tangencial (t1-t2) requerida para mover el tambor, se da con el radio de la polea tensora.

$$r = 57.15 \text{ mm} \quad \text{radio del tambor} \quad F_{Tang} = 6 \text{ N}$$

$$M_{Torsión} = F_{Tang} * r = 0.4 \text{ Nm}$$

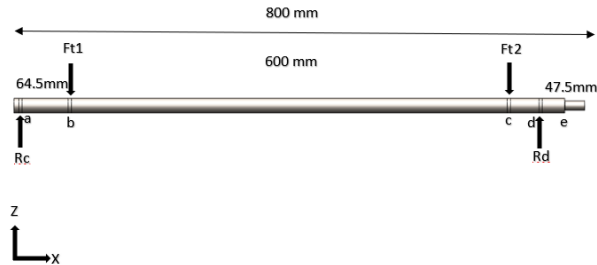


Figura 41. DCL en el plano XZ del eje.

$$F_{t1} = \frac{F_{Tang}}{2} = 3 \text{ N} \quad F_{t2} = F_{t1}$$



Figura 42. Diagrama de cortantes en el plano XZ del eje.

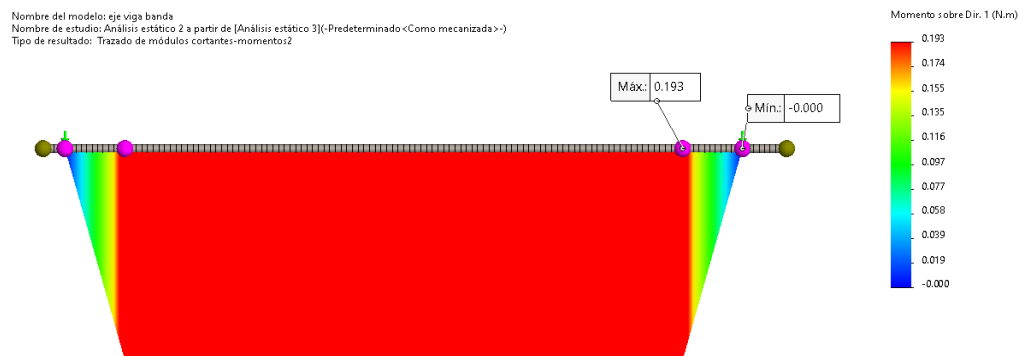


Figura 43. Diagrama de momentos en el plano XZ del eje.

$$M_{XZ} = 0.2 \text{ N} * m$$

De los diagramas de momentos en los dos planos se concluye que el momento máximo se da en el puntos b,c, además en el punto (e) donde está la concentración de esfuerzo por reducción de diámetro el momento flector es 0 N.m.

c) Momento resultante:

$$M_R = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2} = 5.604 \text{ N.m}$$

d) Cálculo de la resistencia a la fatiga:

Se utilizará un material AISI 1020 laminado en caliente apropiado para el diseño de ejes:

$$S_y = 250 \text{ MPa esfuerzo de fluencia}$$

$$S_{ut} = 400 \text{ MPa esfuerzo de tracción}$$

$$S_f = C_{carga} * C_{tamaño} * C_{superficie} * C_{temp} * C_{conf} * S_e$$

$$S_e = 0.5 * S_{ut} = 200 \text{ MPa}$$

Factores de corrección a la fatiga:

- Factor de carga:

$$C_{carga} = 1 \text{ flexión}$$

- Factor de tamaño:

$$\text{para } 8\text{mm } d \leq 250 \text{ mm} \quad C_{tamaño} = 1.189 * d^{-0.097} = 0.889$$

- Factor de superficie:

$$C_{superficie} = 0.78 \text{ Laminado en caliente}$$

- Factor de temperatura:

$$\text{Para } T \leq 450 \text{ C (840 F)} \quad C_{temp} = 1$$

- Factor de confiabilidad:

$$C_{conf} = 0.814 \text{ confiabilidad del 99.99 \%}$$

Límite de resistencia a la fatiga corregida (Sf):

$$S_f = C_{carga} * C_{tamaño} * C_{superficie} * C_{temp} * C_{conf} * S_e = 79.2$$

e) Factores de concentración de esfuerzos por fatiga:

En el punto b,c no existen concentradores de esfuerzo por lo tanto:

$$K_f = 1 \text{ factor de concentración de esfuerzo por flexión}$$

$$K_{fs} = 1 \text{ factor de concentración esfuerzos por torsión}$$

f) Cálculo del diámetro eje:

$$M_a = M_R \text{ Momento alternante}$$

$$M_m = 0 \text{ N} * m \text{ Momento medio}$$

$$T_m = MT \text{ Momento torsor medio}$$

$$T_a = 0 \text{ N} * m \text{ Momento torsor alternante}$$

$$N_{diseño} = 2.5 \text{ Factor de diseño}$$

$$d = \left(\frac{32 * N_{diseño}}{\pi} \left(\left(K_f \frac{M_a}{S_f} \right)^x + \frac{3}{4} \left(K_{fs} \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{1}{3}} = 12.17 \text{ mm}$$

g) Verificación de la deflexión máxima del eje:

El eje no debe tener demasiada deflexión, para minimizar los golpeteos, vibraciones excesivas, ocasionando daños en los rodamientos, reduciendo su vida útil.

$$y < 0.0004 * L \quad L = 800 \text{ mm} \text{ longitud entre apoyos del eje}$$

$$y = 0.0004 * L = 0.32 \text{ mm}$$

Se realizan varios cálculos con diámetros comerciales de ejes para satisfacer la deflexión máxima del eje. Se elige un eje con diámetro comercial de 3/4" $d = 19.05 \text{ mm}$.

h) Esfuerzo máximo de Von Mises:

$$\sigma'_a = \sqrt{3 \left(\frac{32 * M_a}{\pi * d^3} \right)} = 8.3 \text{ MPa} \text{ Esfuerzo alternante de Von Mises}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{3 \left(\frac{16 * T_m}{\pi * d^3} \right)} = 0.5 \text{ MPa} \text{ Esfuerzo medio de Von Mises}$$

$$\sigma'_{max} = \sigma'_a + \sigma'_m = 8.7 \text{ MPa}$$

i) Factor de seguridad a la fluencia:

$$Nf = \frac{S_y}{\sigma'_{max}} = 28$$

j) Factor de seguridad a la fatiga usando Goodman modificado:

$$Nf = \frac{(S_f * S_{ut})}{(\sigma'_a * S_{ut})(\sigma'_m * S_f)} = 11.4$$

k) Resumen eje macizo con diámetro = 3/4 pulg material AISI 1020:

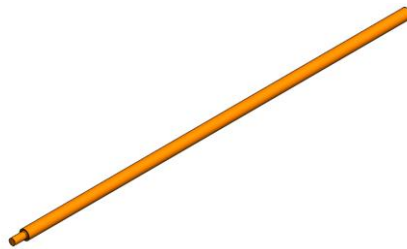


Figura 44. Eje de rodillo.

4.3.5. Cálculo de soldadura en el mecanismo de corte

La barra de soporte del mecanismo de corte superior está sometido a flexión debido a la fuerza de corte del ladrillo, se utilizará electrodo E7018 a filete los 4 lados, para unir la plancha de sujeción con la barra de soporte.

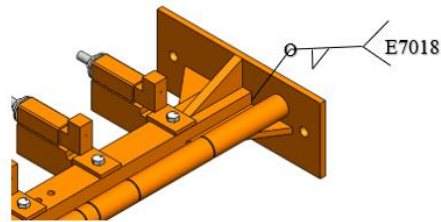


Figura 45. Representación de soldadura en la barra de soporte.

a) Cálculo del esfuerzo cortante máximo y factor de seguridad en soldadura:

- Propiedades de la barra de soporte:

$$S_{ut}=450 \text{ MPa} \quad S_y=250 \text{ MPa} \quad b = 25 \text{ mm} \quad d = 25 \text{ mm}$$

- Propiedades del electrodo E7018:

$$S_{ut}=482 \text{ MPa} \quad S_y=393 \text{ MPa}$$
$$S_{sy} = 0.577 * S_y = 226.8 \text{ MPa} \quad S_{su}=0.65 * S_{ut} = 313.3 \text{ MPa}$$

- Fuerza actuante en la barra de soporte:

Las fuerzas actuantes en la barra son las reacciones x-y de la fuerza de corte con ladrillo King Kong:

$$RB_h = 863.5 \text{ N} \quad RB_v = 78.5 \text{ N}$$

- Diagrama de fuerza cortante y momentos en el plano X:

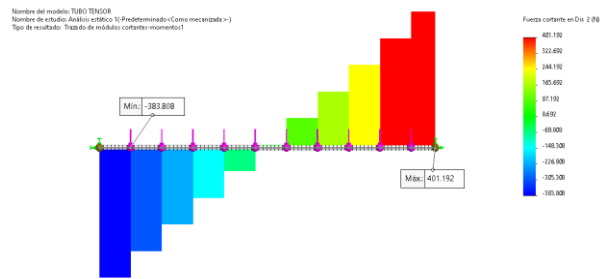


Figura 46. Diagrama de cortantes en la barra de soporte en el plano X.

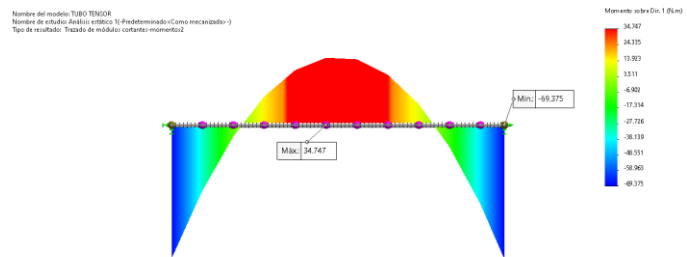


Figura 47. Diagrama de momentos en la barra de soporte en plano X.

- Diagrama de fuerza cortante y momentos en el plano Y:

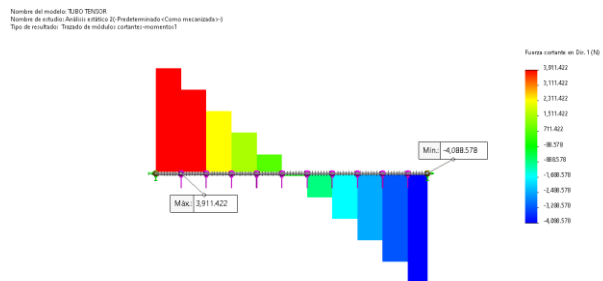


Figura 48. Diagrama de cortantes en la barra de soporte en plano Y.

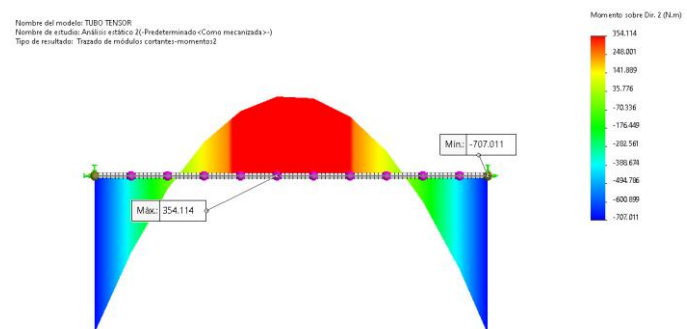


Figura 49. Diagrama de momentos en la barra de soporte en plano Y.

- Cálculo de las fuerzas y momentos resultantes en los extremos de la barra:

$$V_R = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} = 4107.5 \text{ N}$$

$$M_R = \sqrt{M_X^2 + M_Y^2} = 710.4 \text{ N}$$

- Propiedades flexionantes de la soldadura de filete:

Se utilizó una soldadura todo alrededor (figura 16) en la barra de soporte:

$$h = 9.5 \text{ mm cateto}$$

Sus propiedades flexionantes de la soldadura todo alrededor son las siguientes:

$$A = 1.414 * h * (b + d) = 344.8 \text{ mm}^2$$

$$I_u = \frac{d^2}{6} (3b + d) = 10924.8 \text{ mm}^3$$

El segundo momento del área I, con base en el área de la garganta es:

$$I = 0.707 * h * I_u = 37074 \text{ mm}^4$$

- Cálculo de los esfuerzos cortantes máximos en la soldadura:

Cortante primario

$$\tau' = \frac{V}{A} = 4.8 \text{ MPa}$$

Cortante secundario

$$\tau'' = \frac{M * d/2}{I} = 710.4 \text{ MPa}$$

La magnitud del cortante τ es la ecuación de Pitágoras:

$$\tau = \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} = 78.75 \text{ MPa}$$

- Con base en una resistencia mínima y el criterio de energía de distorsión, el factor de seguridad es:

$$n_{estatico} = \frac{S_{sy}}{\tau} = 3.07$$

- La AWS para carga estática recomienda el esfuerzo cortante máximo 30 % esfuerzo tensión:

$$\tau_{permissible} = 0.30 * S_{ut} E71118 = 165 \text{ Mpa}$$

Por tanto:

$$\tau_{permissible} \geq \tau \quad \text{la soldadura es satisfactoria}$$

- b) Cálculo de fatiga en la soldadura:

La soldadura soporta cargas de corte repetidas:

$$\tau_{max} = \tau \quad \tau_{min} = 0 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo alternante y medio:

$$\tau_a = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} = 39.4 \text{ Mpa} \quad \tau_m = \tau_m$$

- Factores de corrección a la fatiga:

$$C_{sup} = 0.7$$

$$C_{carga} = 0.6 \text{ cortante}$$

$$C_{conf} = 0.85 \text{ confiabilidad del 99 \%}$$

$$C_{temp} = 1 \text{ temperatura ambiente}$$

$$C_{tamaño} = 1 \text{ menor a 8 mm}$$

- Resistencia a la fatiga:

$$S_f = C_{sup} * C_{carga} * C_{conf} * C_{tamaño} * 0.5 * S_{su} = 66 \text{ MPa}$$

- Usando el criterio de Goodman:

$$n_{fatiga} = \frac{(S_f * S_{su})}{(\tau_a * S_{su})(\tau_m * S_f)} = 1.4$$

4.3.6. Cálculo del perno del mecanismo de corte

El perno se encarga de sujetar el mecanismo de corte de acuerdo al tipo de ladrillo, sobre él actúan el peso del mecanismo corte y la fuerza de corte del alambre. está sometido a esfuerzo de cizalladura estático por el peso del mecanismo de corte y esfuerzo cortante dinámico por la fuerza de corte del alambre, generando fatiga en el perno.

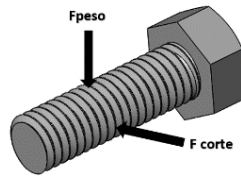


Figura 50. DCL del perno sujetador del mecanismo tensor superior e inferior.

- Cálculo de la fuerza cortante por peso:

$$Pmeca_{tens} = 18kg * g = 255$$

- Cálculo de fuerza cortante media por acción del peso:

$$Vm_{peso} = \frac{Pmeca_{tens}}{4} = 44.13 \text{ N}$$

- Cálculo de fuerza cortante por corte:

$$V_R = \sqrt{(V_X^2 + V_Y^2)} = 4107.5 \text{ N}$$

$$M_R = \sqrt{(M_X^2 + M_Y^2)} = 710.4 \text{ N}$$

$$V_{\text{prim-alambre}} = \frac{V_R}{N_{\text{total perno}}} = 2054 \text{ N}$$

$$V_{\text{secund-alambre}} = \frac{M_{\text{max}}}{N_p * r} = 3552 \text{ N}$$

- d) Fuerza cortante alternante y media por acción de la fuerza de corte de ladrillo:

La fuerza del alambre de corte es una carga dinámica, este genera esfuerzos de cizalladura repetidos.

$$V_{\text{alambre}} = V_{\text{prim-alambre}} + V_{\text{secund-alambre}} = 5605.6 \text{ N}$$

$$V_{\text{max}} = V_{\text{alambre}} \quad V_{\text{min}} = 0$$

$$V_{a_{\text{alamb}}} = \frac{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}}{2} = 2802.8 \text{ N}$$

$$V_{m_{\text{alamb}}} = \frac{V_{\text{max}} + V_{\text{min}}}{2} = 2802.8 \text{ N}$$

- e) Cálculo de la cortante alternante y media total:

$$V_a = V_{a_{\text{alamb}}} + V_{a_{\text{peso}}} = 2802.8 \text{ N}$$

$$V_m = V_{m_{\text{alamb}}} + V_{m_{\text{peso}}} = 2846.9 \text{ N}$$

- f) Cálculo de la resistencia a la fatiga:

Se utilizará un perno clase 10.9

$$S_{ut} = 1040 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia a la tensión}$$

$$S_y = 830 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia a la fluencia}$$

$$S_{su} = 0.7 * S_{ut} = 728 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia a la tensión en corte}$$

$$S_{ys} = 0.5 * S_y = 415 \text{ MPa} \quad \text{Resistencia a la fluencia en corte}$$

- g) Cálculo de la resistencia a la fatiga (Sf):

$$S_e = 0.5 * S_{su} = 364 \text{ MPa}$$

h) Límite de resistencia a la fatiga corregida (Sf):

- Factor de carga:

$$C_{\text{carga}} = 0.59 \text{ cizalladura}$$

- Factor de tamaño:

$$\text{Para } 8 \text{ mm } d \leq 250 \text{ mm} \quad C_{\text{tamaño}} = 1.189 * d^{-0.097} = 0.51$$

- Factor de superficie:

$$C_{\text{superficie}} = 0.85 \text{ maquinada en frío}$$

- Factor de temperatura:

$$\text{Para } T \leq 450 \text{ C (840 F)} \quad C_{\text{temp}} = 1$$

- Factor de confiabilidad:

$$C_{\text{conf}} = 0.853$$

$$S_f = C_{\text{carga}} * C_{\text{tamaño}} * C_{\text{superficie}} * C_{\text{temp}} * C_{\text{conf}} * S_e = 150.6 \text{ MPa}$$

i) Cálculo de diámetro del perno:

$$k_{f_{sa}} = 3 \text{ rosca cortada} \quad k_{f_{sm}} = k_{f_{sa}}$$

$$N_{\text{fatiga}} = 1.5$$

Utilizando Goodman modificado:

$$\frac{1}{N_{\text{fatiga}}} = \frac{\tau_a}{S_f} + \frac{\tau_m}{S_{us}}$$

$$\frac{1}{N_{fatiga}} = \frac{4 * k_{f_{sa}} * (V_a)}{\pi d^2 S_f} + \frac{4 * k_{f_{sm}} * (V_m)}{\pi d^2 S_{us}}$$

Despejando d:

$$d_{teórico} = \sqrt[2]{\frac{4 * N_f}{\pi} * \left(\frac{k_{f_{sa}} * (V_a)}{S_f} + \frac{k_{f_{sm}} * (V_m)}{S_{us}} \right)} = 11.36 \text{ mm}$$

Se utilizará un perno M12x1.5 clase 10.9:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = 113.097 \text{ mm}^2$$

j) Cálculo de esfuerzo cortante alternante y medio en el perno:

$$\tau_a = \frac{k_{f_{sa}} * V_a}{A} = 74.35 \text{ MPa} \quad \text{esfuerzo cortante alternante}$$

$$\tau_m = \frac{k_{f_{sm}} * V_m}{A} = 75.5 \text{ MPa} \quad \text{esfuerzo cortante medio}$$

k) Factor de seguridad a la fatiga utilizando Goodman modificado:

$$N_{fatiga} = \frac{S_f * S_{su}}{(\tau_a * S_{su})^1 + (\tau_m * S_f)} = 1.67$$

l) Factor de seguridad a la fluencia en corte del perno:

$$N_y = \frac{S_{ys}}{\tau_{a \text{ nom}} + \tau_{m \text{ nom}}} = 2.3$$

4.3.7. Selección de chumacera del rodillo

Datos:

Diámetro del eje banda transportadora: 3/4 in

Velocidad de giro: N = 280 rev/min

Temperatura funcionamiento: 45°C

Factor de diseño: $N_{\text{diseño}} = 2$

La carga dinámica equivalente será la fuerza resultante en los apoyos del eje:

$$R_a = 88.3 \text{ N} \quad R_c = 3 \text{ N}$$

$$F_r = \sqrt{R_a^2 + R_c^2} = 88.4 \text{ N}$$

$$P = F_r * N_{\text{diseño}} = 176.7 \text{ N}$$

a) Tamaño de rodamiento:

El eje del rodillo tiene un diámetro de 3/4" y las cargas a soportar son radiales, se seleccionará una unidad de rodamiento rígido bolas con soporte de pie UCP-204-12 (ver Anexo 21) adecuado para soportar cargas en sentido radial y axial.

b) Vida nominal básica:

Datos:

Capacidad de carga dinámica $C = 12.7 \text{ KN}$

Carga dinámica equivalente del rodamiento $P = 0.372 \text{ kN}$

Exponente de la ecuación de la vida $p = 0.3$

- L_{10} = vida nominal (con un 90 % de fiabilidad):

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = 3.173 * 10^5 \text{ millones de revoluciones}$$

- En horas de funcionamiento:

$$n = 250 \text{ rpm}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * L_{10} = 2.5 * 10^7 \text{ horas de funcionamiento}$$

c) Vida nominal SKF para una fiabilidad de 95 %:

Según la tabla 8 el factor de ajuste de la vida con una fiabilidad del 95 es $a_1 = 0.62$

- Condición de lubricación: la relación de viscosidad (k):

$$d_m = 0.5 * (d * D) = 33 \text{ mm Diámetro medio}$$

$$\text{Con } d_m = 33 \text{ mm y } n = 280 \text{ rpm}$$

$$V_1 = 50 \text{ mm}^2/\text{seg}$$

Para la grasa LGMT2 la viscosidad del aceite base a 50°C es en promedio $\nu = 70 \frac{\text{mm}^2}{\text{seg}}$:

$$k = \frac{V}{V_1} = 1.4$$

- Factor de contaminación (η_c):

Dado que las condiciones de contaminación son de gran limpieza (condiciones típicas de los rodamientos sellados lubricados con grasa de por vida). Entonces a partir de la tabla 6: $n_c = 0.5$

- Factor de modificación de la vida útil a_{SKF} :

$$Y = n_c * \frac{P_u}{P} = 0.8$$

Según la tabla 24 para un $k = 1.33$ y un $Y = 0.8$ corresponde un factor de ajuste de la vida SKF: $a_{SKF} = 5$

$$\begin{aligned} L_{5m} &= a_1 * a_{SKF} * L_{10} \\ &= 1.5 * 10^6 \text{ vida SKF millones de revoluciones} \end{aligned}$$

- En horas de funcionamiento:

$$L_{5mh} = \frac{10^6}{60 * n} * L_{nm}$$

$$= 7.67 * 10^7 \text{ vida SKF horas de funcionamiento}$$

d) Frecuencia de relubricación:

Datos:

Velocidad de giro	n = 250 rpm
Diámetro medio	d _m = 33 mm
Factor de rodamiento (rodamiento de bolas)	b _f = 1
Relación de carga	C/P = 34

Según el diagrama 25: $t_f = 30\ 000$ horas de funcionamiento

- Cálculo de los ajustes del intervalo de relubricación:

El entorno tendrá una contaminación mediana:	$t_c = 0.5$
La aplicación será de vibración bajas:	$t_a = 0.8$
La temperatura de funcionamiento será menor a los 75 °C	$t_t = 0.8$

$$t_{f \text{ Corregido}} = t_f * (t_c + t_t + t_a) = 9600 \text{ horas de funcionamiento}$$

e) Cantidad de grasa en la relubricación:

$$G = 0.002 * D * B = 1.41 \text{ gramos}$$

4.3.8. Selección de rodamientos lineales

Los rodamientos lineales son los encargados de sostener y trasladar em ambos sentidos el mecanismo de corte completo.

Datos:

Diámetro del eje de la estructura de corte: 30 mm

Peso del mecanismo de corte completo: 1167 N

Factor de diseño: $N_{\text{diseño}} = 2$

Rodamientos lineales: $N_{\text{rod lineales}} = 4$

a) Selección del rodamiento lineal:

Se utilizarán cuatro rodamientos lineales para trasladar el mecanismo de corte, se procede a calcular la carga radial a soportar cada unidad.

$$F = \frac{P_{\text{mecanismo corte}} * N_{\text{diseño}}}{N_{\text{rod.lineales}}} = 534.5 \text{ N}$$

Se selecciona un rodamiento LSET30UU de la empresa NTN-SNR (ver Anexo 23).

b) Cálculo de la vida nominal:

- Capacidad de carga dinámica del rodamiento lineal:

$$C = 5470 \text{ N}$$

- Carga radial a soportar:

$$F = 534.5 \text{ N}$$

- Factor de dureza del eje:

$$F_H = 0.5 \text{ dureza del eje menor a } 60 \text{ HRC}$$

- Factor de temperatura:

$$F_T = 1 \text{ temperatura menor a } 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

- Factor de contacto:

$$F_C = 0.81 \text{ Se utilizaran dos unidades en linea}$$

- Factor de carga:

$$F_W = 1 \text{ condiciones de funcionamiento normales}$$

$$L = \left(\frac{F_H * F_T * F_C}{F_W} * \frac{C}{F} \right)^3 * 50 = 3560.03 \text{ km}$$

- Expresado en horas:

$$\text{Carrera: } S = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{Frecuencia de la carrera: } n = 15 \text{ vueltas/min}$$

$$L_h = \frac{L * 10^3}{2 * S * n * 60} = 4944.5 \text{ horas}$$

4.3.9. Selección de rodillos guía

Los rodillos guía son los responsables de transportar la mesa móvil y demás componentes en el proceso de corte de ladrillo, La carga a soportar es la siguiente:

$$P_4 = 2895 \text{ N}$$

$$N_{\text{rodillos}} = 4 \quad N_{\text{diseño}} = 2$$

$$P_r = \frac{P_4 * N_{\text{diseño}}}{N_{\text{rodillos}}} = 1448.5 \text{ N} \quad \text{fuerza a soportar cada rodillo guía}$$

Se selecciona un Rodillo Guía FR 40 EU NADELLA (ver Anexo 24).

- a) Cálculo de la vida nominal (km):

- Factor de carga:

$$f_w = 1.2 \text{ funcionamiento suave con carga constante}$$

- Coeficiente de funcionamiento:

$$p = 3 \quad \text{para rodillo guía FR con rodamiento de bolas}$$

- Carga dinámica:

$$C_{wr} = 8500 \text{ N}$$

- Carga equivalente:

$$P_{eq} = P_r \quad \text{carga equivalente del rodillo guía}$$

$$L_{10} = 100 * \left(\frac{C_{wr}}{P_{eq} \times f_w} \right)^p = 1169.8 \text{ km}$$

4.3.10. Tensión necesaria para mover el mecanismo de corte completo

El mecanismo de corte será trasladado por la barra húmeda de ladrillo saliente de la extrusora, se calcula la tensión para mover todos los mecanismos en conjunto.

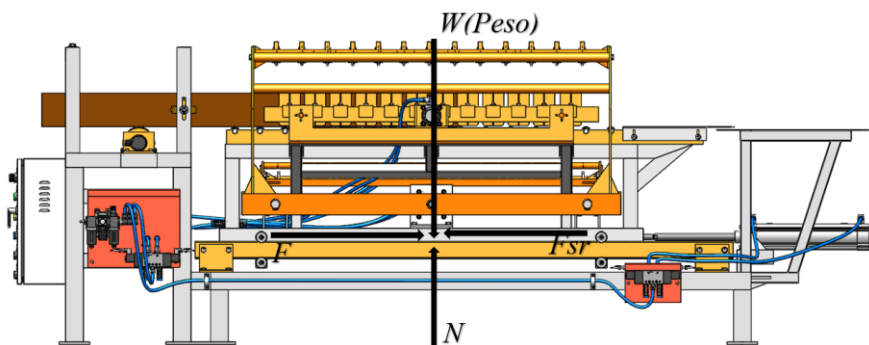


Figura 51. DCL del mecanismo de corte en movimiento.

- Peso total de mecanismos a desplazar:

$$P_{total \text{ componentes}} = 2316.7 \text{ N}$$

b) Cálculo de fuerza para mover el mecanismo completo:

$$\Sigma FY = 0 \quad W = N$$

$$\Sigma FX = 0 \quad v = cte$$

$$F = F_{sr} = u_r * N$$

Se utilizará guías lineales de rodamiento de bolas el cual tiene un valor de coeficiente de resistencia a la rodadura aproximadamente de 0.04

$$F = 0.04 * 2656 N = 92.7 N \quad \text{fuerza para mover el mecanismo corte}$$

4.3.11. Cálculo y selección del actuador neumático para el mecanismo de corte

El sistema neumático de corte es el responsable de accionar el mecanismo de corte.

Datos:

Carrera del cilindro	$L_{carrera} = 400 \text{ mm}$
Fuerza de corte unitaria	$F_{corte} = 167 \text{ N}$
Número de ladrillos/corte	$N_{ladrillos} = 10$
Factor diseño neumático	$N_{diseño} = 1.8$
Presión de trabajo	$P_{trabajo} = 8 \text{ bar}$

a) Cálculo de la fuerza del cilindro neumático de corte:

- Fuerza por corte de ladrillo King Kong:

$$F_{total\ corte} = F_{corte} * N_{ladrillos} = 1670 N$$

- Peso de componentes a desplazar:

$$Peso_{mecanismo\ corte} = 1029 N$$

$$u_r = 0.045 \quad \text{coeficiente de resistencia a la rodadura}$$

$$Peso_{desplazar} = Peso_{mecanismo\ corte} * u_r = 41.2 N$$

- Fuerza total del cilindro neumático de corte:

$$F_{cilindro\ corte} = (F_{total\ corte} + P_{eso\ desplazar}) = 1711.2\ N$$

- b) Cálculo del diámetro teórico del émbolo:

$$D_{teórico} = \sqrt{\frac{\left(\frac{F_{cilindro} * N_{diseño}}{P_{trabajo}}\right) * 4}{\pi}} = 73.8\ mm$$

Se seleccionó un CDE DSBC 80-400-PPSA-N3 FESTO:

$$D_{émbolo} = 80\ mm$$

$$d_{vástago} = 25\ mm$$

$$L_{carrera} = 400\ mm$$

- c) Cálculo de sección de avance y retroceso del cilindro neumático DSBC 80-400:

$$S_{avance} = \frac{\pi * D_{émbolo}^2}{4} = 5026.5\ mm^2$$

$$S_{retroceso} = \frac{\pi * (D_{émbolo}^2 - d_{vástago}^2)}{4} = 4535.6\ mm^2$$

- d) Cálculo de fuerza teórica y real del cilindro neumático DSBC 80-400:

- Fuerza teórica:

$$F_{teórica-avance} = P_{trabajo} * S_{avance} = 4021.3\ N$$

$$F_{teórica-retroceso} = P_{trabajo} * S_{retroceso} = 3628.5\ N$$

- Pérdidas por rozamiento:

$$F_{rozam-avance} = 10\% * F_{teórica-avance} = 402.12\ N$$

$$F_{rozam-retroceso} = 10\% * F_{teórica-retroceso} = 362.8\ N$$

- Fuerza real:

$$F_{real-avance} = F_{teórica-avance} - F_{rozam-avance} = 3619 N$$

$$F_{real-retroceso} = F_{teórica-retroceso} - F_{rozam-retroceso} = 3266 N$$

Se concluye: $F_{real-retroceso} > F_{requerida}$

- e) Cálculo del consumo de aire del cilindro neumático DSBC 80-400:

El consumo de aire comprimido estará en función del tiempo de corte del ladrillo más ancho que es el ladrillo techo:

$$T_{corte} = 1 \text{ seg tiempo de corte}$$

- Volumen de avance y retroceso del cilindro DSBC 100-400:

$$Volum_{Avance} = L_{carrera} * S_{avance} = 2010.6 \text{ cm}^3$$

$$Volum_{retroceso} = L_{carrera} * S_{retroceso} = 1814.3 \text{ cm}^3$$

- Consumo de aire por ciclo (l/ciclo):

$$Consumo_{ciclo} = V_{Avance} + V_{retroceso} = 3.82 \text{ l/ciclo}$$

- Cálculo de caudal nominal:

$$Q = \frac{Volum_{Avance}}{T_{corte}} = 120 \text{ l/min}$$

- f) Velocidad avance y retroceso del cilindro DSBC 80-400:

$$V_{avance} = \frac{Q}{S_{avance}} = 0.4 \text{ mt/s} \quad V_{retroceso} = \frac{Q}{S_{retroceso}} = 0.44 \text{ mt/s}$$

- g) Tiempo de extendido y retroceso del cilindro DSBC 80-400:

$$T_{avance} = \frac{Volum_{Avance}}{Q} = 0.8 \text{ s} \quad T_{retroc} = \frac{Volum_{retroceso}}{Q} = 0.93 \text{ s}$$

h) Cálculo del consumo de aire en condiciones normales:

Ley de Boyle:

$$Q_{CN} = \frac{(P_{trabajo} + P_{atmf}) * Q}{P_{atmf}} = 1073.1 \text{ l/min}$$

i) Potencia neumática:

$$n = 0.85 \text{ eficiencia del compresor}$$

$$Potencia = \frac{Q * P_{trabajo}}{n} = 1.89 \text{ Kw}$$

4.3.12. Cálculo y selección del actuador neumático para el posicionamiento

El cilindro de posicionamiento tiene la función de regresar todo el mecanismo de corte a su posición inicial una vez efectuado el corte de ladrillo.

Datos:

Carrera del cilindro	$L_{carrera} = 320 \text{ mm}$
Factor de diseño neumático	$N_{diseño} = 2$
Presión de trabajo	$P_{trabajo} = 6 \text{ bar}$

a) Cálculo de la fuerza de empuje:

La fuerza de empuje será la sumatoria de todos los componentes a desplazar.

$$P_{comp} = 2846 \text{ N}$$

$$u_r = 0.045 \quad \text{coeficiente de resistencia a la rodadura}$$

$$F_{empuje-cilindro} = 2846 * 0.045 = 472.2 \text{ N}$$

b) Cálculo del diámetro teórico del émbolo:

$$D_{teórico} = \sqrt{\frac{\left(\frac{F_{empuje} * N_{diseño}}{P_{trabajo}}\right) * 4}{\pi}} = 27.5 \text{ mm}$$

Se seleccionó un CDE DSBC 40-320-PPSA-N3 FESTO:

$$D_{émbolo} = 40 \text{ mm}$$

$$d_{vástago} = 16 \text{ mm}$$

$$L_{carrera} = 320 \text{ mm}$$

c) Cálculo de sección de avance del cilindro neumático DSBC 40-320:

$$S_{avance} = \frac{\pi * D_{émbolo}^2}{4} = 1257 \text{ mm}^2$$

$$S_{retroceso} = \frac{\pi * (D_{émbolo}^2 - d_{vástago}^2)}{4} = 1055.6 \text{ mm}^2$$

d) Cálculo de fuerza teórica y real del cilindro neumático DSBC 40-320:

- Fuerza teórica:

$$F_{teórica-avance} = P_{trabajo} * S_{avance} = 1005 \text{ N}$$

$$F_{teórica-retroceso} = P_{trabajo} * S_{retroceso} = 844.5 \text{ N}$$

- Pérdidas de rozamiento:

$$F_{rozam-avance} = 10\% * F_{teórica-avance} = 100.5 \text{ N}$$

$$F_{rozam-retroceso} = 10\% * F_{teórica-retroceso} = 84.4 \text{ N}$$

- Fuerza real:

$$F_{real-avance} = F_{teórica-avance} - F_{rozam-avance} = 904.8 \text{ N}$$

$$F_{real-retroceso} = F_{teórica-retroceso} - F_{rozam-retroceso} = 760 \text{ N}$$

Se concluye: $F_{real-avance} > F_{requerida}$

e) Cálculo del consumo de aire del cilindro neumático DSBC 80-320:

El consumo de aire comprimido estará en función del tiempo de posicionamiento de todo el mecanismo de corte a su posición inicial.

$$T_{posición} = 1.2 \text{ s Tiempo de posicionamiento}$$

- Volumen de avance y retroceso del cilindro DSBC 80-320:

$$Volum_{Avance} = L_{carrera} * S_{avance} = 402 \text{ cm}^3$$

$$Volum_{retroceso} = L_{carrera} * S_{retroceso} = 338 \text{ cm}^3$$

- Consumo de aire por ciclo (l/ciclo):

$$Consumo_{ciclo} = V_{Avance} + V_{retroceso} = 0.842 \text{ l/ciclo}$$

- Cálculo de caudal nominal:

$$Q = \frac{Volum_{Avance}}{T_{posición}} = 20 \text{ l/min}$$

f) Velocidad avance y retroceso del cilindro DSBC 80-320:

$$V_{avance} = \frac{Q}{S_{avance}} = 0.27 \frac{m}{s} \quad V_{retroceso} = \frac{Q}{S_{retroceso}} = 0.32 \text{ m/s}$$

g) Tiempo de extendido y retroceso del cilindro DSBC 80-320:

$$T_{avance} = \frac{Volum_{Avance}}{Q} = 1.2 \text{ s} \quad T_{retroceso} = \frac{Volum_{retroceso}}{Q} = 1.08 \text{ s}$$

- h) Cálculo del consumo de aire en condiciones normales con ley de Boyle:

$$Q_{CN} = \frac{(P_{trabajo} + P_{atmf}) * Q}{P_{atmf}} = 180 \text{ l/min}$$

- i) Potencia neumática:

$$n = 0.85 \text{ eficiencia del compresor}$$

$$Potencia = \frac{Q * P_{trabajo}}{n} = 0.3154 \text{ Kw}$$

4.3.13. Cálculo y selección del actuador neumático para el mecanismo de sujeción

El sistema tendrá la función de accionar las planchas de sujeción al ladrillo extruido para de esa manera realizar el corte en movimiento y a la misma velocidad.

Datos:

Carrera del cilindro	$L_{carrera} = 40 \text{ mm}$
Fuerza de corte unitaria	$F_{corte} = 170 \text{ N}$
Número de ladrillos/corte	$N_{ladrillos} = 10$
Factor diseño neumático	$N_{diseño} = 2$
Presión de trabajo	$P_{trabajo} = 8 \text{ bar}$

- a) Cálculo de la fuerza del cilindro neumático de sujeción:

- Cálculo de la fuerza de sujeción:

Será en promedio el 25 % de la fuerza de corte por cada tipo de ladrillo:

$$F_{total\ corte} = F_{corte} * N_{ladrillos} = 1700 \text{ N}$$

$$F_{sujeción} = 30\% * F_{total\ corte} = 510 \text{ N}$$

- Peso de los componentes a desplazar:

$$Peso_{componentes} = 157 \text{ N}$$

$$Peso_{desplazar} = Peso_{componentes} * 0.045 = 7 \text{ N}$$

- Cálculo de la fuerza total del cilindro de sujeción:

$$F_{cilindro-sujeción} = (F_{sujeción} + Peso_{desplazar}) = 517 \text{ N}$$

- b) Cálculo del diámetro teórico del émbolo:

$$D_{teórico} = \sqrt{\frac{\left(\frac{F_{sujeción} * N_{diseño}}{P_{trabajo}}\right) * 4}{\pi}} = 40.6 \text{ mm}$$

Se seleccionó un CDE DSBC 50-40-PPSA-N3 FESTO:

$$D_{émbolo} = 50 \text{ mm}$$

$$d_{vástago} = 20 \text{ mm}$$

$$L_{carrera} = 40 \text{ mm}$$

- c) Cálculo de sección de avance del cilindro neumático DSBC 50-40:

$$S_{avance} = \frac{\pi * D_{émbolo}^2}{4} = 1963.5 \text{ mm}^2$$

$$S_{retroceso} = \frac{\pi * (D_{émbolo}^2 - d_{vástago}^2)}{4} = 1649 \text{ mm}^2$$

- d) Cálculo de fuerza teórica y real del cilindro neumático DSBC 50-40:

- Fuerza teórica:

$$F_{teórica-avance} = P_{trabajo} * S_{avance} = 1570.8 \text{ N}$$

$$F_{teórica-retroceso} = P_{trabajo} * S_{retroceso} = 1319.5 \text{ N}$$

- Pérdidas de rozamiento:

$$F_{rozam-avance} = 10\% * F_{teórica-avance} = 157 N$$

$$F_{rozam-retroceso} = 10\% * F_{teórica-retroceso} = 132 N$$

- Fuerza real:

$$F_{real-avance} = F_{teórica-avance} - F_{rozam-avance} = 1413.8 N$$

$$F_{real-retroceso} = F_{teórica-retroceso} - F_{rozam-retroceso} = 1187.5 N$$

Se concluye: $F_{real-avance} > F_{requerida}$

- e) Cálculo del consumo de aire del cilindro neumático DSBC 50-40:

El consumo de aire comprimido estará en función del tiempo que demora el mecanismo de sujeción en adherirse al ladrillo crudo.

$$T_{posición} = 0.2 s \text{ tiempo de sujeción estimado}$$

- Volumen de avance y retroceso del cilindro DSBC 50-40:

$$Volum_{Avance} = L_{carrera} * S_{avance} = 78 cm^3$$

$$Volum_{retroceso} = L_{carrera} * S_{retroceso} = 66 cm^3$$

- Consumo de aire por ciclo (l/ciclo):

$$Consumo_{ciclo} = V_{Avance} + V_{retroceso} = 0.145 l/ciclo$$

- Cálculo de caudal nominal:

$$Q = \frac{Volum_{Avance}}{T_{posición}} = 23.5 l/min$$

- f) Velocidad avance y retroceso del cilindro DSBC 50-40:

$$V_{avance} = \frac{Q}{S_{avance}} = 0.2 \text{ m/s} \quad V_{retroceso} = \frac{Q}{S_{retroceso}} = 0.238 \text{ m/s}$$

g) Tiempo de avance y retroceso del cilindro DSBC 50-40:

$$T_{avance} = \frac{Volum_{Avance}}{Q} = 0.2 \text{ s} \quad T_{retroceso} = \frac{Volum_{retroceso}}{Q} = 0.168 \text{ s}$$

h) Cálculo del consumo de aire en condiciones normales con la ley de Boyle:

$$Q_{CN} = \frac{(P_{trabajo} + P_{atmf}) * Q}{P_{atmf}} = 212 \text{ l/min}$$

i) Potencia neumática:

$$n = 0.8 \text{ eficiencia de compresor}$$

$$Potencia = \frac{Q * P_{trabajo}}{n} = 0.393 \text{ Kw}$$

4.3.14. Simulación del mecanismo tensor superior

Se encarga de tensar y alinear el alambre de corte para obtener un ladrillo con corte de calidad y medidas iguales. Mediante el tornillo se tensa el alambre y con la barra redonda se realiza la respectiva alineación del alambre.

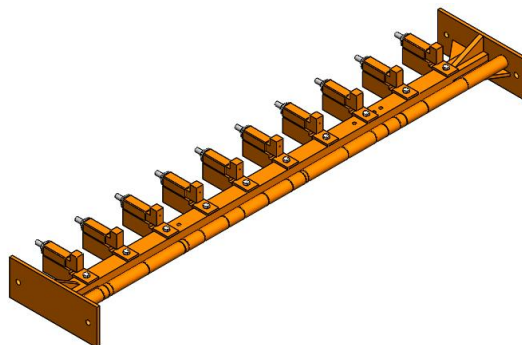


Figura 52. Modelamiento de mecanismo tensor superior.

a) Cargas en el mecanismo de corte:

Las cargas actuantes en los tensores son las reacciones generadas por la fuerza de corte con ladrillo King Kong calculados anteriormente.

$$RB_h = 863.5 N \quad RB_v = 78.5 N$$

b) Resultados de la simulación con SolidWorks:

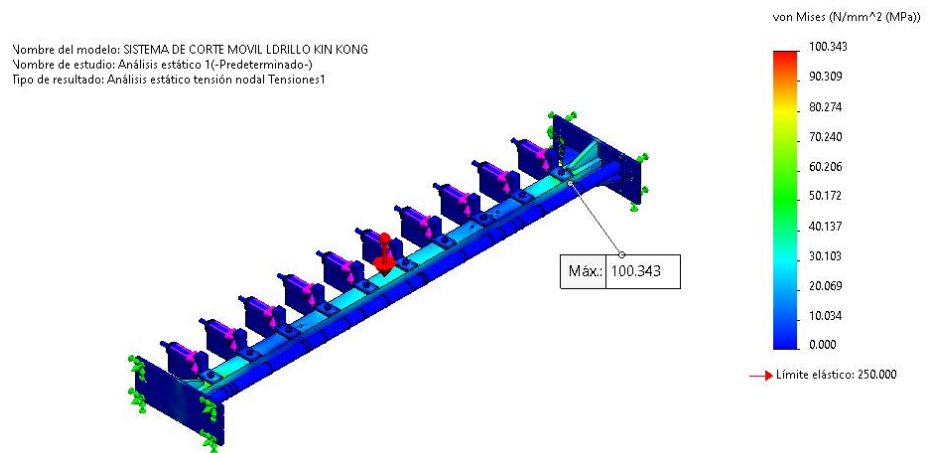


Figura 53. Análisis de tensiones del mecanismo tensor superior.

La figura 53 representa el resultado del análisis de tensiones de Von Mises del mecanismo tensor superior. En este caso, la barra es la pieza más afectada, con un valor máximo de 100 MPa.

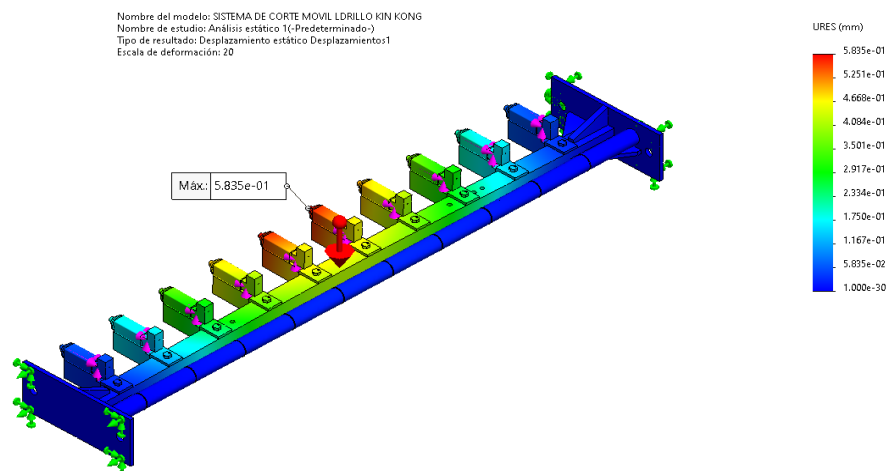


Figura 54. Análisis de desplazamiento del mecanismo tensor superior.

La figura 54 representa el resultado del análisis de desplazamiento del mecanismo tensor superior, con un valor máximo de 0.583 mm.

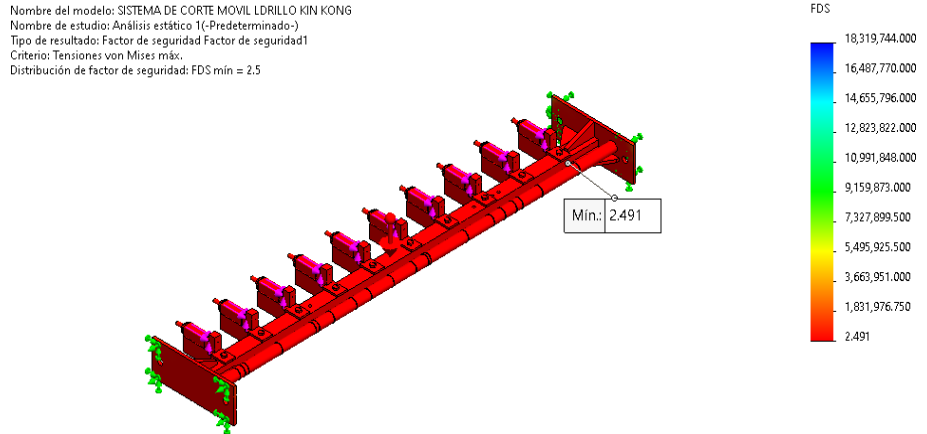


Figura 55. Análisis del factor de seguridad estático del mecanismo tensor superior.

En la figura 55, se muestra el resultado del análisis del factor de seguridad estático. con un valor mínimo de 2.5.

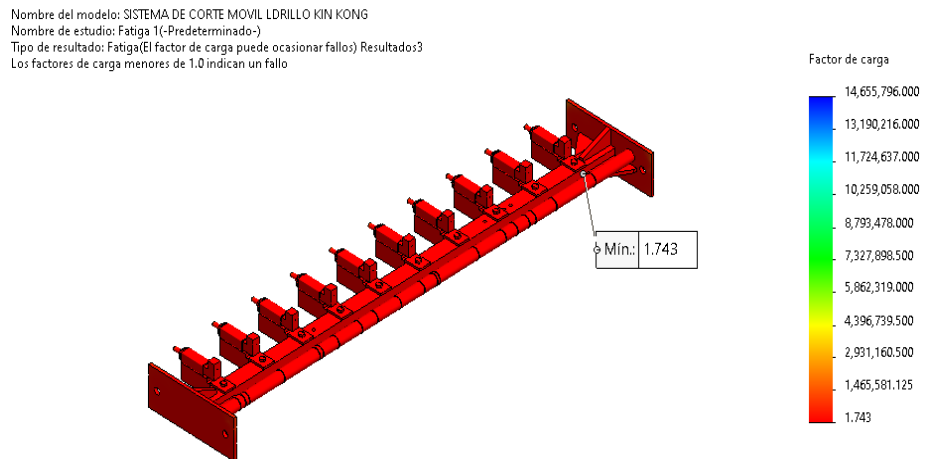


Figura 56. Análisis de fatiga del mecanismo tensor superior.

En la figura 56 se observa el resultado del análisis del factor de carga en fatiga, con un valor mínimo de 1.7. Este valor indica la confiabilidad de que el componente tendrá una vida infinita y podrá soportar las cargas dinámicas debidas al corte de ladrillos.

4.3.15. Simulación del mecanismo tensor inferior

El mecanismo tensor inferior se encargará de sujetar y alinear el alambre de corte, mediante el gancho para obtener un ladrillo de calidad y medidas iguales.

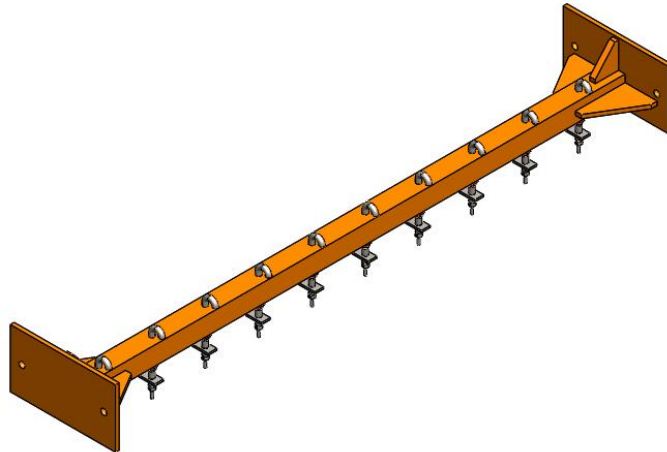


Figura 57. Modelamiento del mecanismo tensor inferior.

a) Cargas en el mecanismo de corte:

Las cargas actuantes en el gancho tensor son las reacciones generadas por la fuerza de corte con ladrillo King Kong.

b) Resultados de la simulación con SolidWorks:

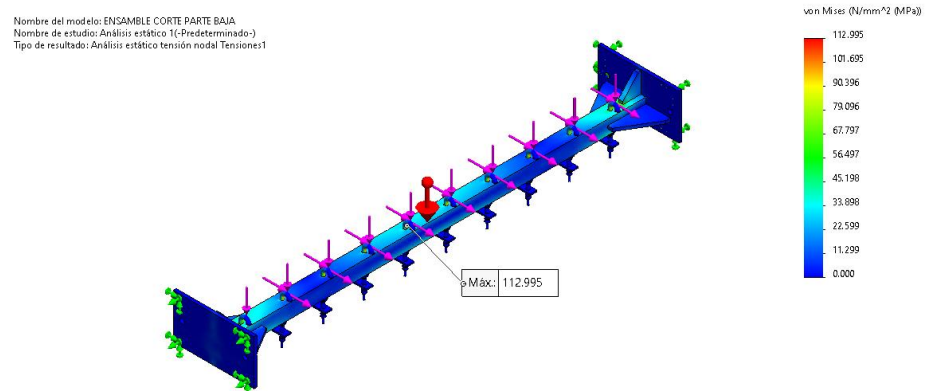


Figura 58. Análisis de tensiones del mecanismo tensor inferior.

La figura 58 representa el resultado del análisis de tensiones de Von Mises del mecanismo tensor inferior. En este análisis, se observa que el sujetador del alambre es el componente crítico, con un valor máximo de 113 MPa.

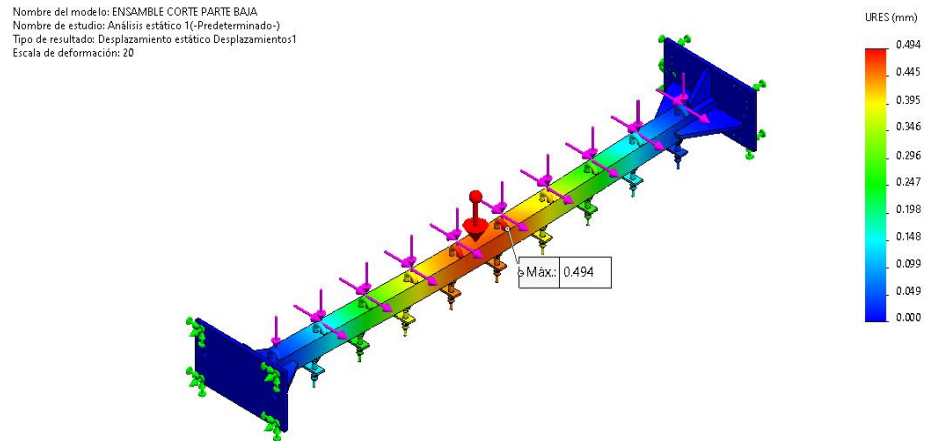


Figura 59. Análisis de desplazamiento del mecanismo tensor inferior.

La figura 59 muestra el resultado del análisis de desplazamiento del mecanismo tensor inferior, con un valor máximo de 0.5 mm, y este desplazamiento se encuentra en el gancho sujetador intermedio.

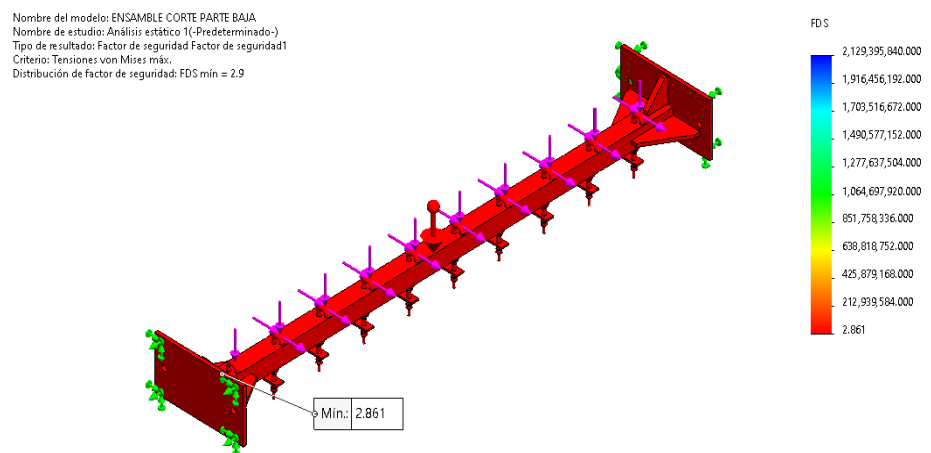


Figura 60. Análisis del factor de seguridad estático del mecanismo tensor inferior.

En la figura 60 se observa el resultado del análisis del factor de seguridad estático, con un valor mínimo de 2.8.

Nombre del modelo: ENSAMBLE CORTE PARTE BAJA
Nombre de estudio: Fatiga 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Fatiga(El factor de carga puede ocasionar fallos) Resultados3
Los factores de carga menores de 1.0 indican un fallo

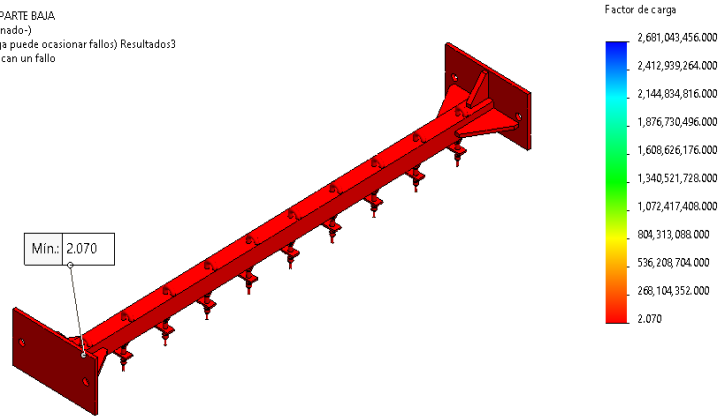


Figura 61. Análisis de fatiga del mecanismo tensor inferior.

En la figura 61 se muestra el resultado del análisis del factor de carga en fatiga, con un valor mínimo de 2. Este resultado indica la confiabilidad de que el componente tendrá una vida infinita y podrá soportar las cargas dinámicas por corte de ladrillo.

4.3.16. Simulación de la estructura de corte

La estructura de corte tiene la función sujetar y desplazar el mecanismo tensor superior e inferior para realizar el corte del ladrillo proveniente de la extrusora, será desplazado mediante el cilindro neumático DCBC 100-400 FESTO.

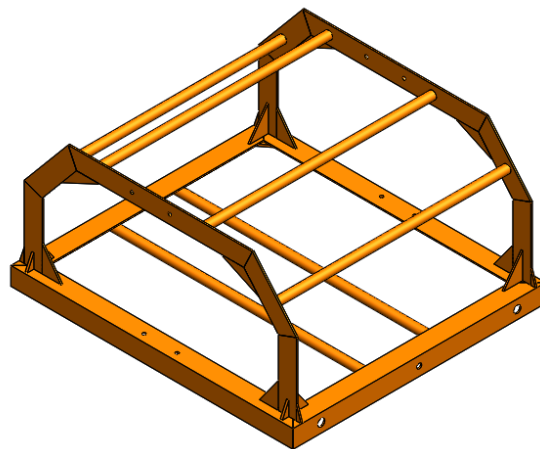


Figura 62. Modelamiento de la estructura de corte.

Para los soportes laterales se utilizó pletina de 3"x1/4" A36, para los soportes de planta se utilizó ángulo de 3"x3/16" A36 y para los refuerzos transversales se utilizó tubo redondo de 1 1/4"x3 mm A500.

a) Cargas que actúan en la estructura de corte:

$$Peso_{mec-superior} = 186 \text{ N peso mecanismo tensor superior}$$

$$Peso_{mec-inferior} = 157 \text{ N peso mecanismo tensor inferior}$$

$$F_{total\text{alambre}} = 1670 \text{ N Fuerza del alambre corte}$$

b) Resultados de la simulación con SolidWorks:

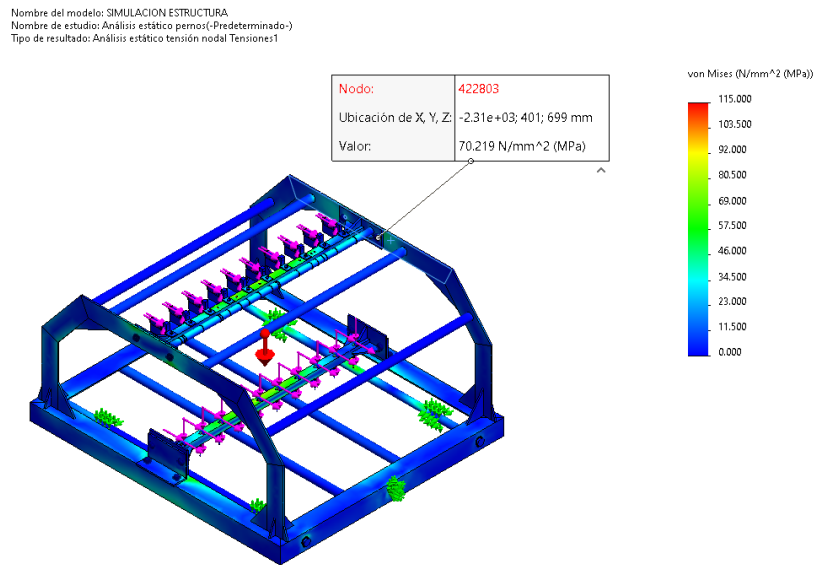


Figura 63. Análisis de tensiones en la estructura de corte.

La figura 63 muestra el resultado del análisis de tensiones de Von Mises en la estructura de corte. Se puede observar que la pletina superior es la pieza más afectada, con un valor máximo de 70 MPa.

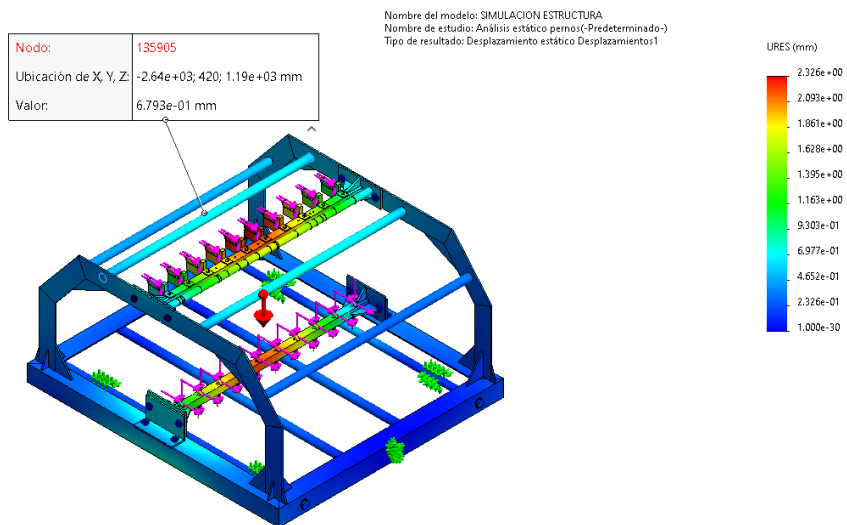


Figura 64. Análisis de desplazamiento de la estructura de corte.

La figura 64 representa el resultado del desplazamiento de la estructura con un valor máximo de 0.68 mm. Este valor se ubica en el tubo de soporte.

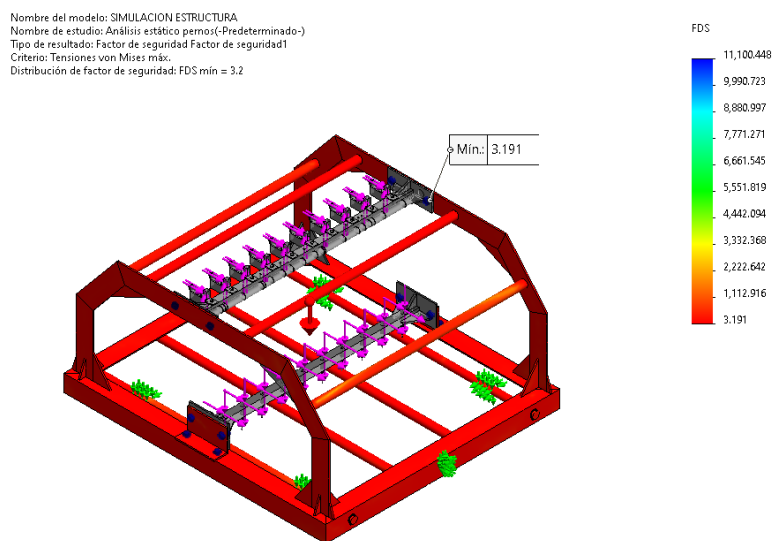


Figura 65. Análisis del factor de seguridad estático de la estructura de corte.

La figura 65 representa el resultado del análisis de factor de seguridad estático de la estructura de corte con un valor mínimo de 3.1. dicho valor se ubica en la pletina superior.

4.3.17. Simulación de la mesa móvil

La mesa es la encargada de desplazar la estructura de corte para realizar el corte en movimiento, se utilizó para su diseño ángulos A36 de 2"x1/8" para la estructura superior, 2 1/2"x3/16" para la estructura inferior y para el soporte del cilindro, pletina de 2x3/16" y tubo A 500 de 1 1/2"x 1.5 mm.

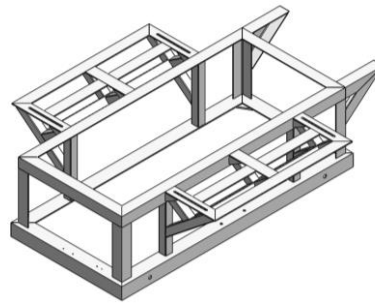


Figura 66. Modelamiento de la mesa móvil.

a) Cargas que actúan sobre la mesa móvil:

$$P_1 = 801 \text{ N} \quad \text{Peso total en el perfil superior}$$

$$P_2 = 1068 \text{ N} \quad \text{peso total en el perfil inferior}$$

$$P_3 = 429.3 \text{ N} \quad \text{peso total en la pletina}$$

$$P_{MESA MÓVIL} = P_1 + P_2 + P_3 + P_{eso_{DSBC 80-400}} = 2367.4 \text{ N}$$

b) Resultados de la simulación en SolidWords:

Nombre del modelo: MESA MÓVIL - copia
Nombre de estudio: Análisis estático A1 (Predeterminado <Como mecanizada>)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1

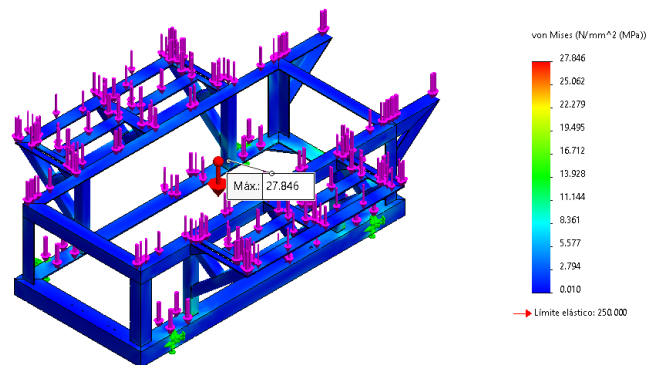


Figura 67. Análisis de tensiones de mesa móvil.

La figura 67 representa el análisis de Tensión de Von Mises. El componente más crítico es el tubo cuadrado de soporte vertical de las pletinas, con un valor máximo de 27.8 MPa.

Nombre del modelo: MESA MOVIL - copia
 Nombre de estudio: Análisis estático 4(-Predeterminado <Como mecanizada>-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamiento1

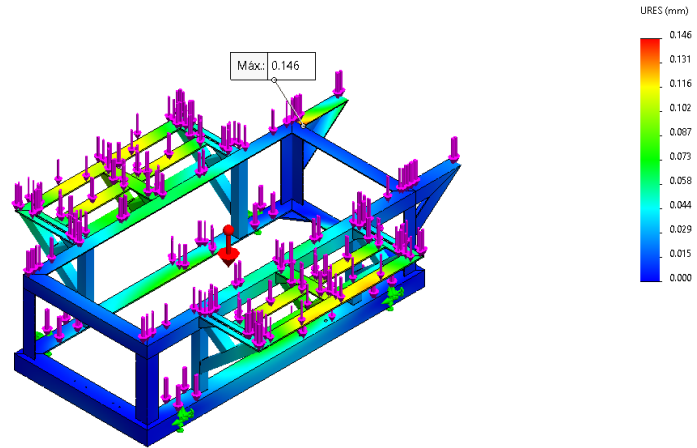


Figura 68. Análisis de desplazamiento de la mesa móvil.

La figura 68 representa el resultado del análisis de desplazamiento de la estructura de corte, con un valor máximo de 0.146 mm.

Nombre del modelo: MESA MOVIL - copia
 Nombre de estudio: Análisis estático 4(-Predeterminado <Como mecanizada>-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Tensiones von Mises mín.
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 9

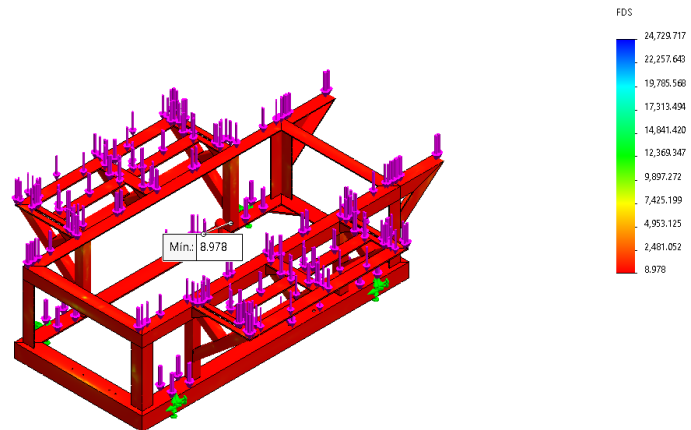


Figura 69. Análisis del factor de seguridad estático de la mesa móvil.

La figura 69 representa el resultado del análisis del factor de seguridad estático de la mesa de corte, el cual arroja un valor mínimo de 8.9.

4.3.18. Simulación de guía lineal

Tiene la función de guiar y sostener la unidad de guías lineales en el recorrido de la mesa móvil.

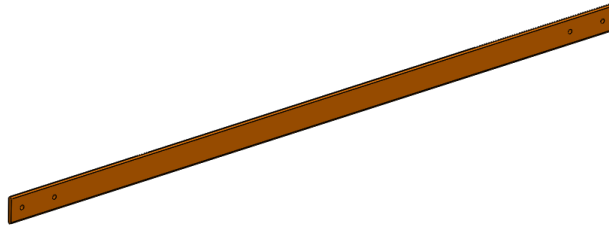


Figura 70. Modelamiento de guía lineal FSH-40.

a) Fuerzas que soporta la guía lineal:

$$P_4 = 2895 \text{ N}$$
$$N_{\text{guías}} = 2 \quad F_{\text{guía lineal}} = \frac{P_4}{N_{\text{guías}}} = 1447.5 \text{ N} \quad \text{Fuerza en guía lineal}$$

b) Resultados de la simulación en SolidWorks:

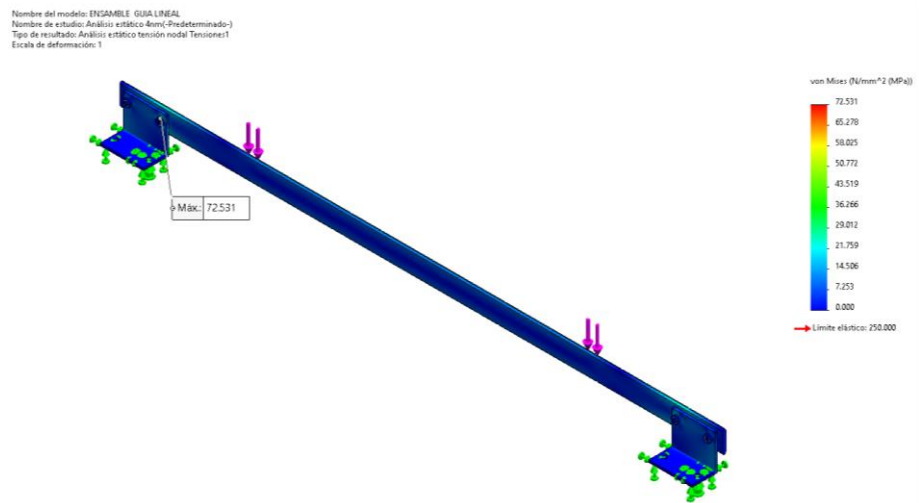


Figura 71. Análisis de tensiones de guía lineal FSH-40 MT.

La figura 71 representa el resultado del análisis de tensiones de Von Mises de la guía lineal. El orificio del perno es la parte más crítica con un valor máximo de 72.5 MPa.

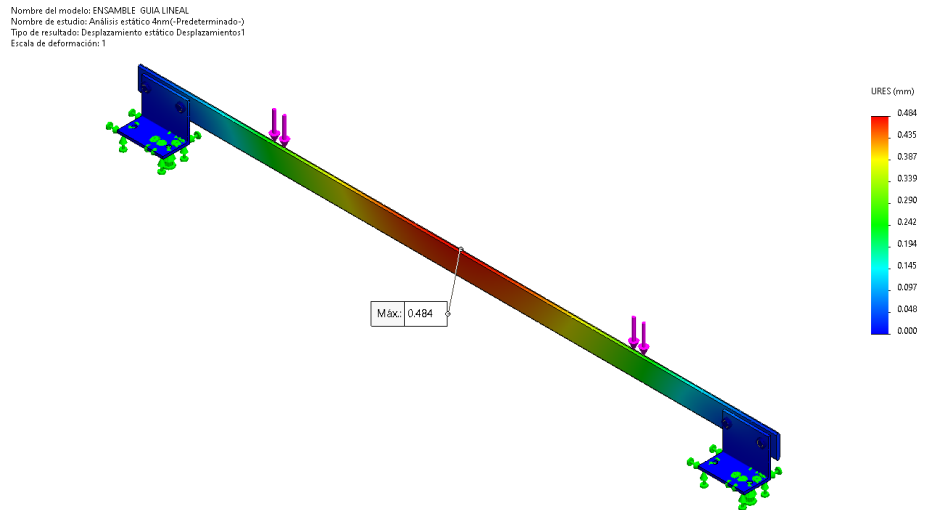


Figura 72. Análisis de desplazamiento de la guía lineal FSH 40MT.

La figura 72 representa el resultado del análisis de desplazamiento de la guía lineal. El desplazamiento máximo se da en el centro de la pieza con un valor de 0.48 mm.

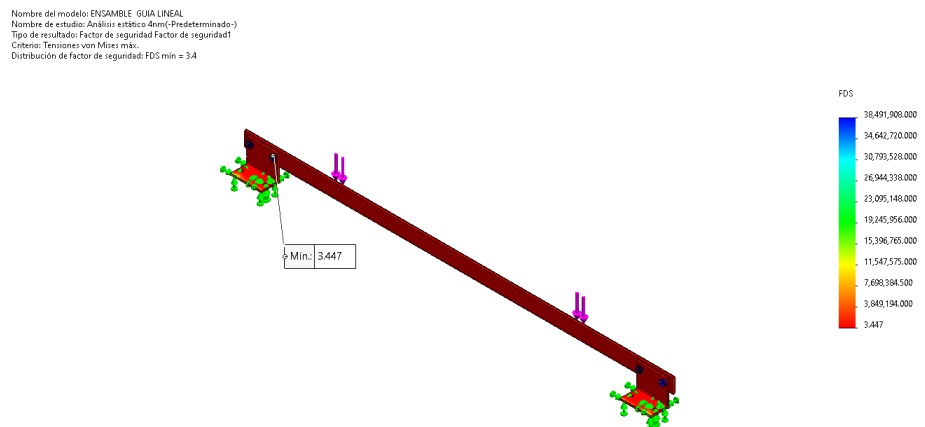


Figura 73. Análisis del factor de seguridad estático de la guía lineal FSH 40 MT.

La figura 73 representa el resultado del análisis del factor de seguridad de la guía lineal con un valor mínimo de 3.48.

4.3.19. Simulación de la mesa estática

Es la encargada de soportar el peso de todos los componentes que conforman la cortadora electroneumática, para su diseño se utilizó ángulo A36 de 2"x2"x3/16" para la estructura de soporte del tambor y 2 1/2"x 3/16 para la estructura de soporte de la mesa móvil y demás componentes, también se utilizó tubo cuadrado de 1 1/2" x1.5mm A500, platina A36 de 2"x3/16" y platina de 5"x1/4" para las planchas de anclaje.

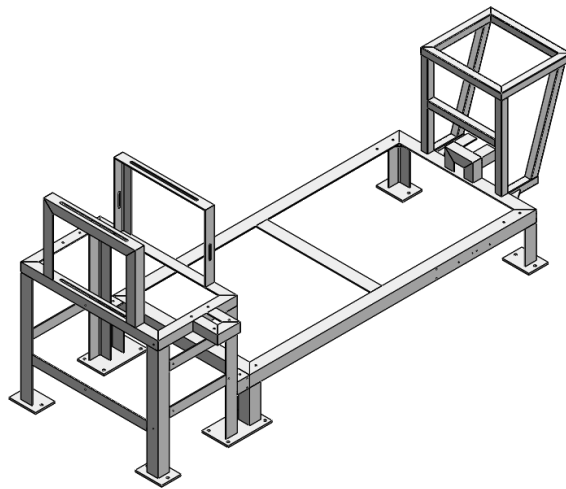


Figura 74. Modelamiento de la mesa estática.

a) Cargas que actúan sobre la mesa estática:

$$P_{rodillo} = 354 \text{ N}$$

$$P_{cilindro \text{ DSBC } 40-320 \text{ mm}} = 78.5 \text{ N}$$

$$P_{ladrillo} = 150 \text{ N}$$

- Peso de componentes (P_4):

$$P_{\text{mesa móvil}} = 490 \text{ N}$$

$$P_4 = P_{\text{mesa móvil}} + P_{\text{DSBC } 80-400} + P_1 + P_2 + P_3 = 2895 \text{ N}$$

- Peso total:

$$F_{MESA\ ESTÁTICA} = P_{rodillo} + P_{DSBC\ 40-320\ mm} + P_{ladrillo} + P_4$$

$$= 3477.5\ N$$

b) Resultados de la simulación en SolidWords:

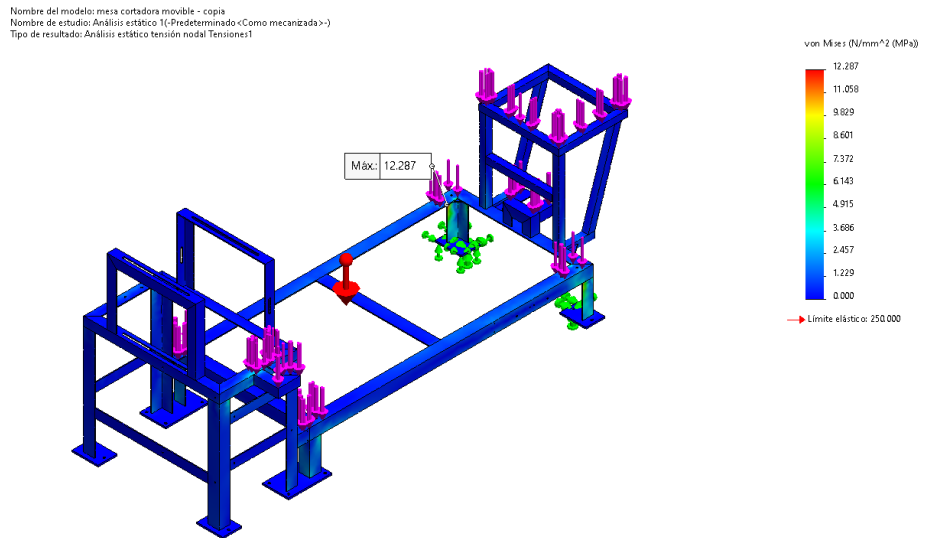


Figura 75. Análisis de tensiones de la mesa estática.

La figura 75 representa la tensión de Von Mises. Se observa que la parte más crítica es el ángulo de soporte vertical con valor máximo de 12 MPa.

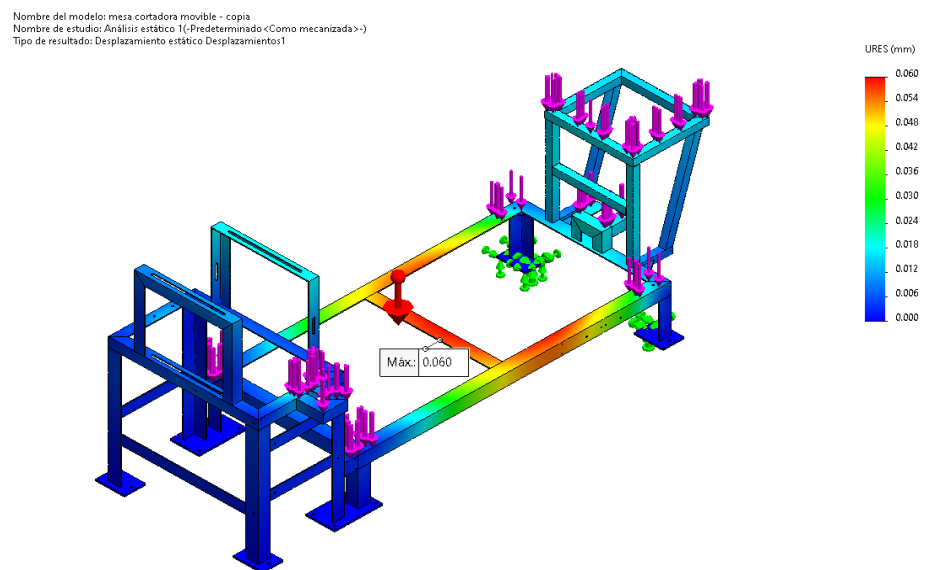


Figura 76. Análisis de desplazamiento de la mesa estática.

La figura 76 representa el resultado del análisis de desplazamiento de la mesa estática, con valor máximo de 0.060 mm ubicado en el soporte intermedio.

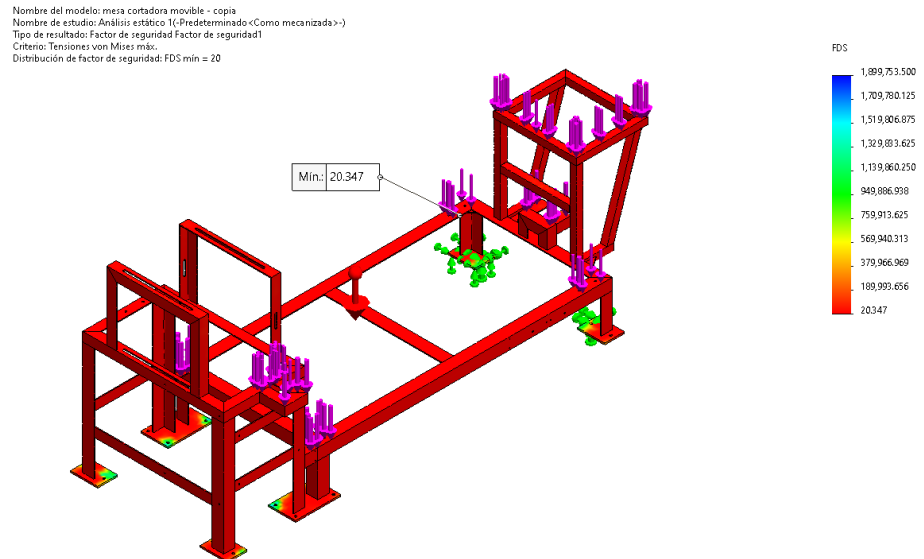


Figura 77. Análisis del factor de seguridad estático de la mesa estática.

La figura 77 representa el resultado del análisis de seguridad estático, con un valor aceptable de 20 para la mesa estática.

4.3.20. Simulación del soporte de sujeciones

Es el encargado de sostener las planchas de sujeción y el cilindro neumático para efectuar el proceso de sujeción correctamente.

a) Cargas que actúan en el soporte:

$$P_{total} = P_{angulo} + P_{cilindro} + F_{Sujeción} = 627 N$$

b) Resultados de la simulación en SolidWords:

Nombre del modelo: CHAPA METALICA
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal (Superior) Tensiones1

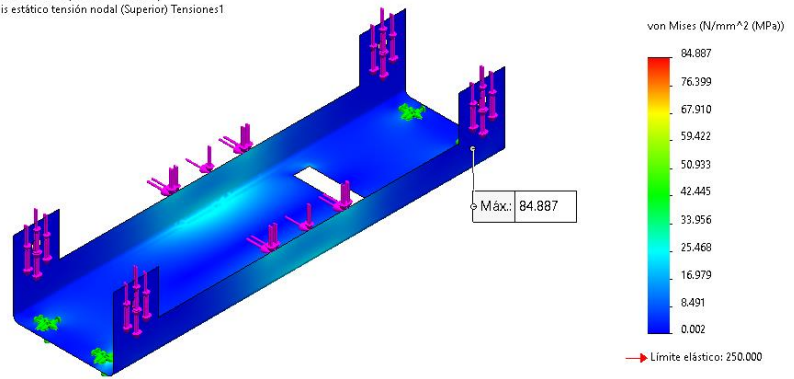


Figura 78. Análisis de tensiones del soporte de sujeción.

Nombre del modelo: CHAPA METALICA
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1

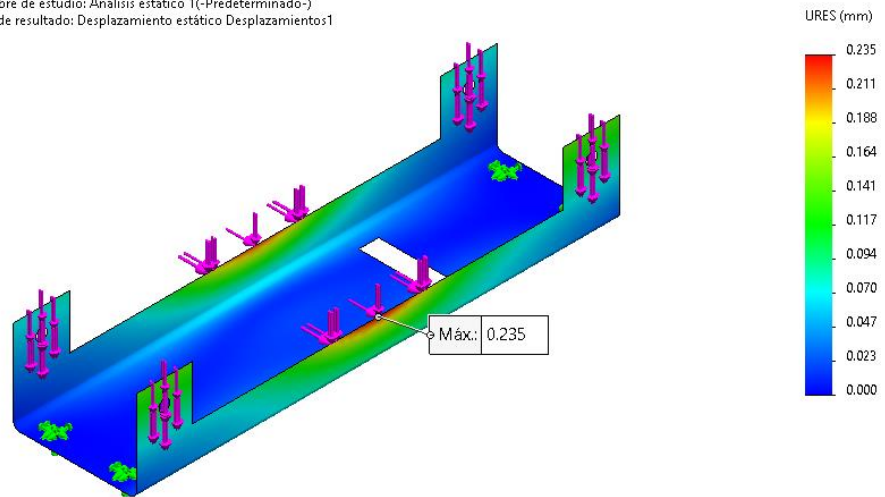


Figura 79. Análisis de desplazamiento del soporte de sujeción.

Nombre del modelo: CHAPA METALICA
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Tensiones von Mises máx.
 Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.9

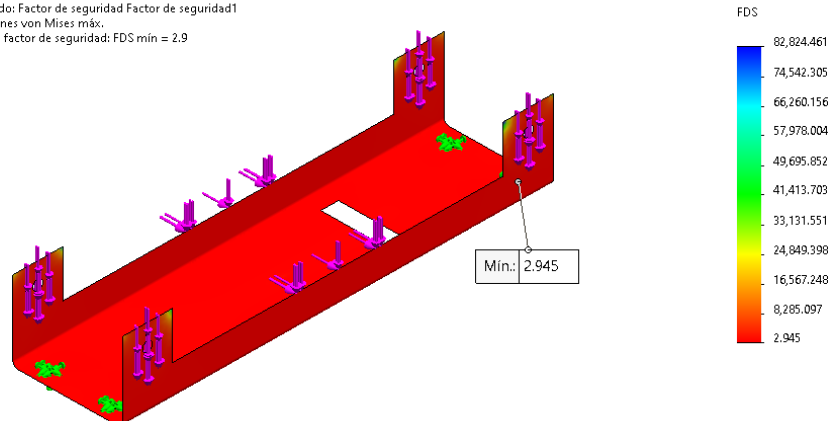


Figura 80. Análisis del factor de seguridad estático del soporte de sujeción.

En la figura 78, se puede observar una tensión máxima de Von Mises de 85 MPa, la cual se encuentra en el orificio del tornillo. Además, en la figura 79, se observa un desplazamiento máximo de 0.235 mm, y en la figura 80 se muestra el factor de seguridad con un valor de 2.9.

4.3.21. Simulación del soporte de polines

Es el encargado de soportar el peso de los polines y el ladrillo extruido.

a) Cargas actuantes:

$$P_{total} = \frac{P_{polines} + P_{Ladrillo}}{N_{soportes}} = 360 \text{ N}$$

b) Resultados de la simulación en SolidWords:

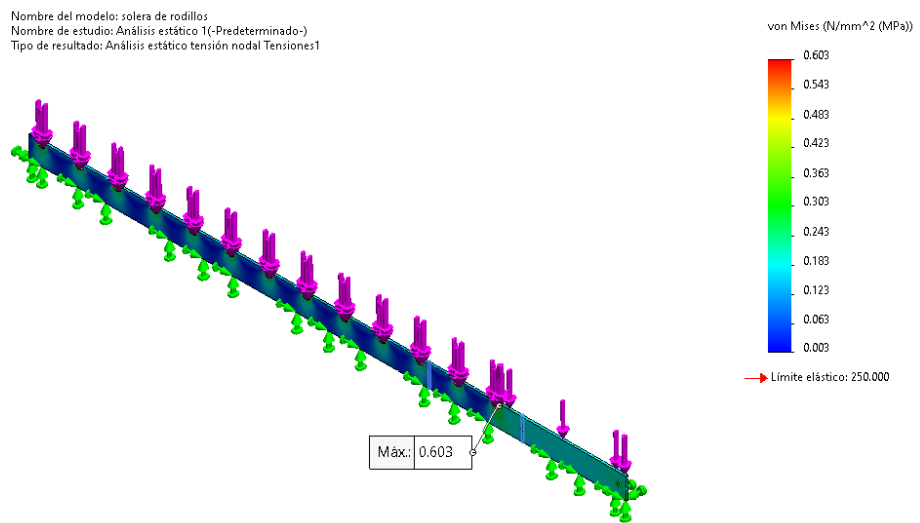


Figura 81. Análisis de tensiones del soporte.

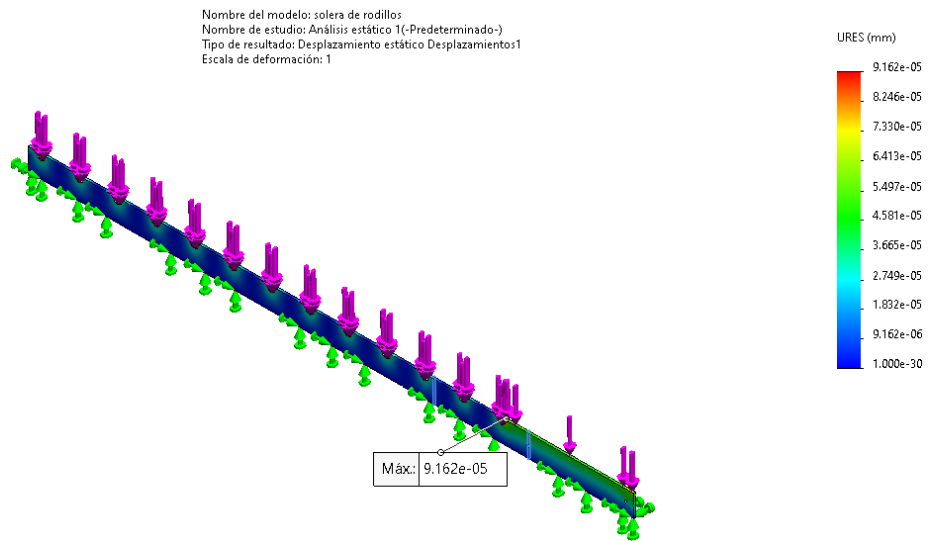


Figura 82. Análisis de desplazamiento del soporte.

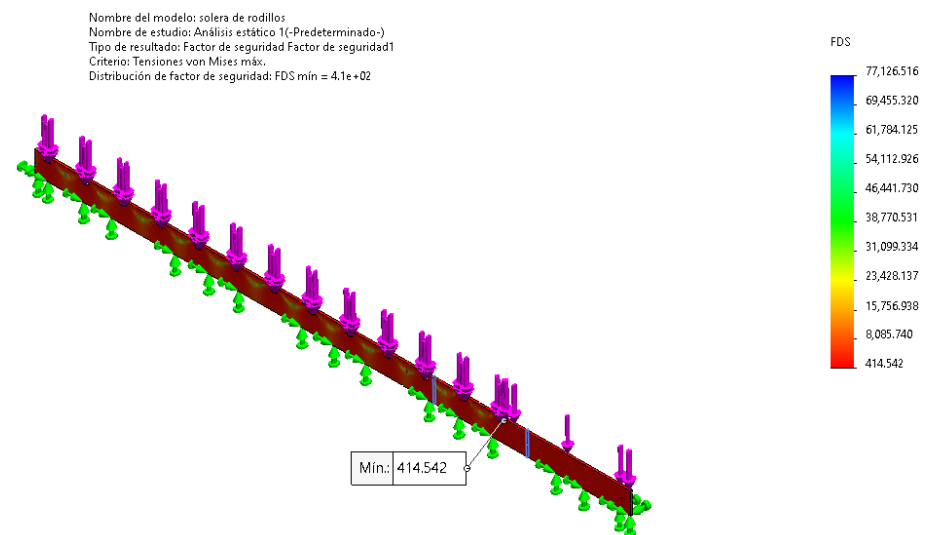


Figura 83. Análisis del factor de seguridad estático del soporte.

Se puede observar en la figura 81 la tensión máxima de Von Mises, con un valor de 0.6 MPa. En la figura 82, se presenta el desplazamiento máximo, con un valor de 9.2×10^{-5} mm, y en la figura 83 se muestra el factor de seguridad estático con un valor mínimo de 414.

4.3.22. Diseño de control

En este subcapítulo se realizan todos los cálculos y diseños referente al sistema de control y automatización de la máquina, diagrama de flujo general del proceso de corte de ladrillo, cálculo del número de pulsos del encoder por tipo de ladrillo, diagrama de flujo del encoder, diseño del sistema electroneumático y la programación en lenguaje Ladder del proceso de la cortadora.

4.3.22.1. Descripción del proyecto

El operario selecciona el modo de operación “automático”, selecciona el tipo de ladrillo a cortar en el tablero de control, enseguida el encoder realiza en conteo del número de pulsos necesarios para el corte, luego se activa el mecanismo de sujeción de ladrillo, Seguidamente se activa el mecanismo de corte, enseguida los ladrillos cortados siguen su trayecto en la faja transportadora y como paso final la mesa móvil con todos los mecanismos regresa a su posición inicial para reiniciar el proceso.

4.3.22.2. Métodos de operación

El operario seleccionara el modo de operación desde el tablero de control, mediante el selector automático/manual.

- a) Modo automático: este modo de operación será el que gobierne la máquina en condiciones normales de funcionamiento, el control de los procesos estará comandado por el módulo lógico Logo! 8, en donde se encuentra todo el algoritmo de control de los procesos. Si se presiona el pulsador de parada la máquina debe parar inmediatamente salvo en el caso que encuentre en pleno proceso de corte, primero se debe terminar el proceso y luego hacer caso a la señal de parada.

- b) Modo manual: en este modo de operación solamente estará disponible cuando la máquina este en mantenimiento o en parada. Se activarán los pulsadores de avance y retroceso de los cilindros neumáticos de corte, sujeción y posicionamiento.

4.3.22.3. Descripción del sistema de control

- El sistema de control será gobernado por el módulo lógico inteligente LOGO v8 de la marca siemens.
- Las electroválvulas de dirección de los actuadores neumáticos serán de 5/3.
- La medición de las distancias de corte por tipo de ladrillo lo realizara un enconder incremental de un canal, mediante el número de pulsos generados se enviarán al Logo! 8 para realizar el registro en los contadores.
- Se utilizarán sensores de proximidad magnetorresistivos para los actuadores neumáticos.
- La selección del tipo de ladrillo, marcha y parada será por pulsadores manuales ubicados en el tablero de control.
- Se dispondrá de luces piloto para indicar funcionamiento, marcha, parada y tipo de ladrillo.

4.3.22.4. Cálculo del número de pulsos del encoder

Para medir las distancias lineales de corte por tipo de ladrillo se utilizará un encoder incremental de 500 PPR el cual estará unido al eje del tambor giratorio, que mediante el avance de la masa de ladrillo proveniente de la extrusora moverá el tambor y se generará los pulsos necesarios en el encoder para luego registrarlos en los contadores del Logo! 8 y luego procesarlos en la lógica de control.

$$N_P = \frac{C_T}{PPR} * D_{ladrillo}$$

Tabla 22. Cálculo del número de pulsos por tipo de ladrillo.

PPR del encoder	Radio tambor (mm)	Circunferencia tambor (mm)	Dist/Pulso (mm)	Distancia de ladrillo (mm)	Nº de pulsos	
500	57.15	359.0849	0.7182	King Kong estándar	913.00	1271
				King Kong tipo IV	913.00	1271
				Pandereta	925.20	1288
				Panderetón	740.40	1031
				Techo N° 15	903.90	1259
				Techo N° 12	903.90	1259

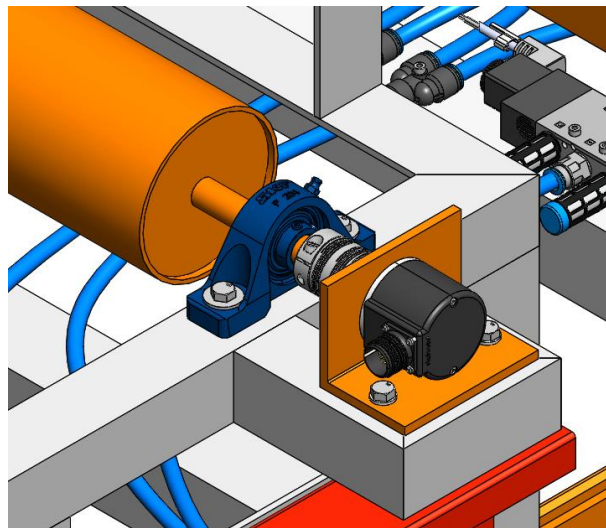


Figura 84. Conexión del encoder incremental.

4.3.22.5. Diagrama de flujo general del proceso

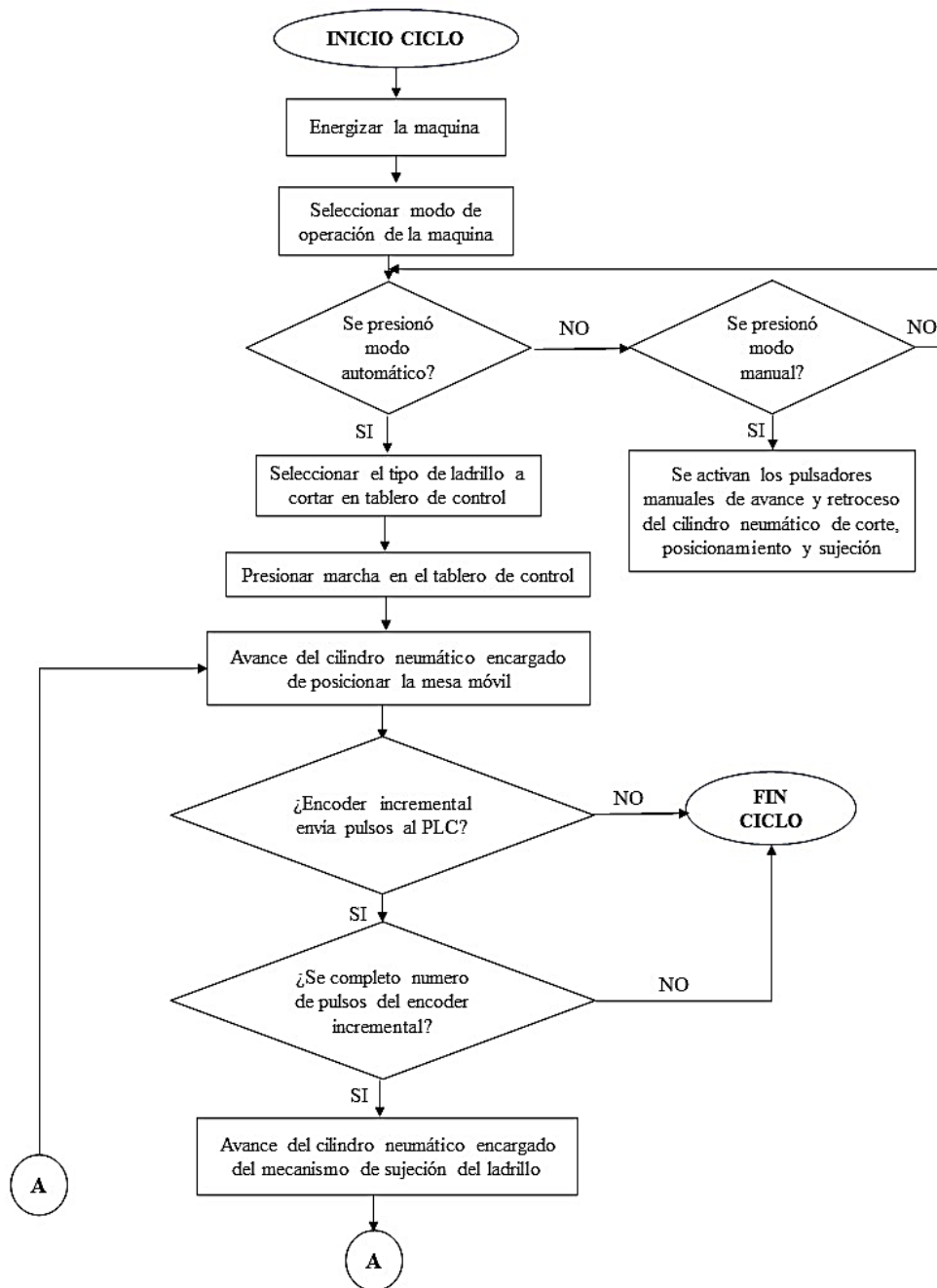


Figura 85. Diagrama de flujo del proceso de corte de ladrillo cerámico con la cortadora electro neumática.

Continuación del diagrama de flujo.

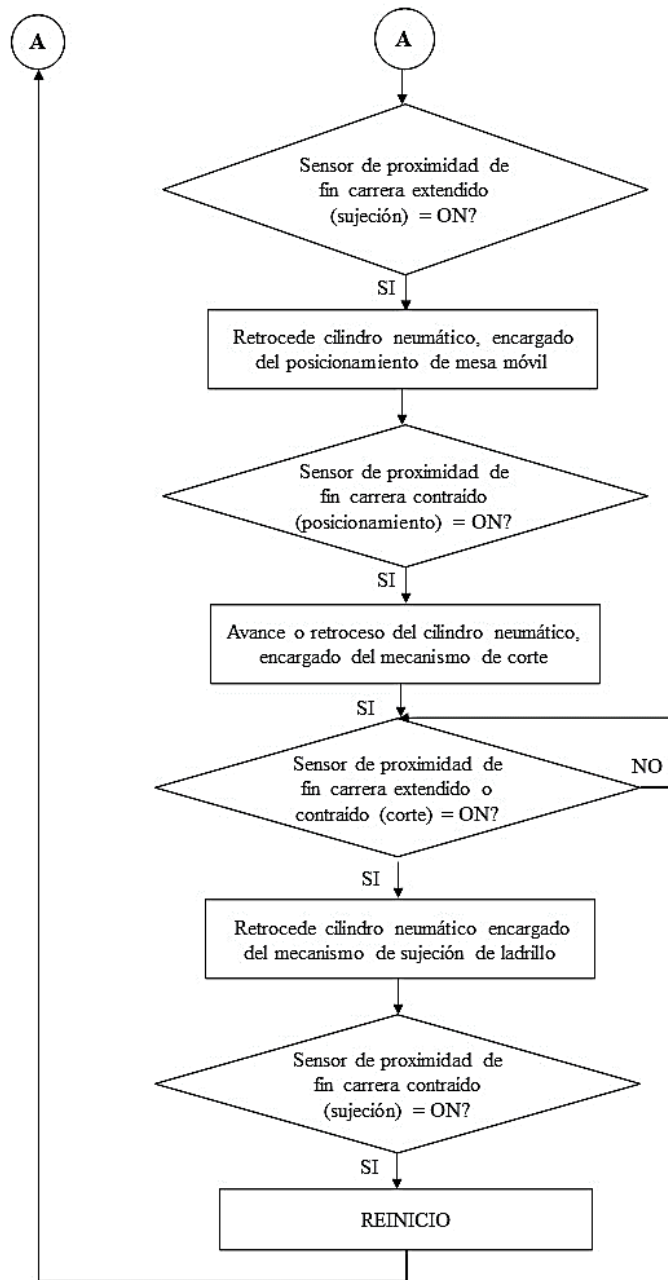


Figura 86. Diagrama de flujo del proceso de corte de ladrillo cerámico con la cortadora electroneumática (continuación).

Las figura 85 y 86 representan el diagrama general del proceso de corte con la cortadora electroneumática, se inicia con el encendido de la máquina, luego selección del tipo de ladrillo a cortar con los pulsadores manuales, luego presionar el pulsador de marcha, se posiciona la mesa móvil, enseguida el encoder incremental empieza a enviar los pulsos al PLC para procesarlos

en la lógica de control, luego se activa el actuador neumático del mecanismo de sujeción de ladrillo, luego se activa el actuador neumático del mecanismo de corte, una vez finalizado el corte de ladrillo, la mesa móvil se regresa a su posición inicial para reiniciar el proceso.

4.3.22.6. Diagrama de flujo del proceso de conteo del número de pulsos

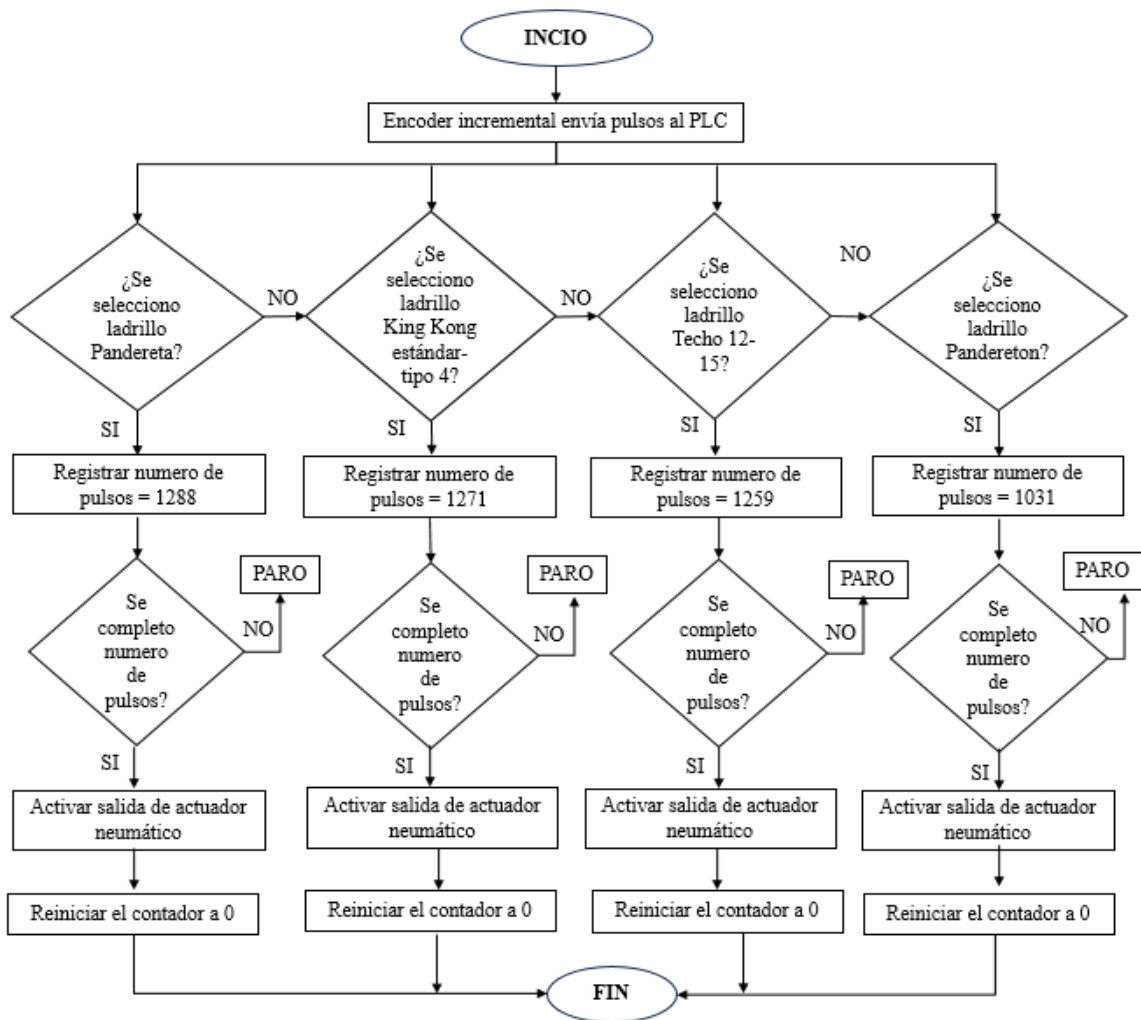


Figura 87. Diagrama de flujo del proceso de conteo del número de pulsos.

La figura 87 representa el flujo de proceso del conteo de numero de pulsos del encoder de acuerdo al tipo de ladrillo seleccionado previamente. el canal A del encoder se conectará a una entrada

rápida del Logo v8, para luego registrar los pulsos en los contadores por tipo de ladrillo, una vez completado los pulsos se activará una salida para activar el mecanismo de sujeción del ladrillo y continuar el proceso.

4.3.22.7. Entradas y salidas del sistema de control

a) Entradas del sistema de control:

I1: Selector manual.

I2: Selector automático.

I3: Pulsador marcha.

I4: Pulsador paro.

I5: Encoder incremental.

I6: Pulsador King Kong estándar - tipo IV.

I7: Pulsador techo 15-12.

I8: Pulsador pandereta.

I9: Sensor de proximidad contraído del cilindro neumático de sujeción.

I10: Sensor de proximidad extendido del cilindro neumático de sujeción.

I11: Sensor de proximidad contraído del cilindro neumático de posicionamiento.

I12: Sensor de proximidad extendido del cilindro neumático de posicionamiento.

I13: Sensor de proximidad contraído del cilindro neumático de corte.

I14: Sensor de proximidad extendido del cilindro neumático de corte.

I15: Pulsador de avance cilindro DSBC 63-40.

I16: Pulsador de retroceso cilindro DSBC 63-40.

I17: Pulsador de avance cilindro DSBC 80-320.

I18: Pulsador de retroceso cilindro DSBC 80-320.

I19: Pulsador de avance cilindro DSBC 100-400.

I20: Pulsador de retroceso cilindro DSBC 100-400.

I21: Pulsador panderetón.

b) Salidas del sistema de control:

Q1: Bobina Y1 avance del cilindro neumático de sujeción.

Q2: Bobina Y2 retroceso del cilindro neumático de sujeción.

Q3: Bobina Y3 avance del cilindro neumático de posicionamiento de la mesa móvil.

Q4: Bobina Y4 retroceso del cilindro neumático de posicionamiento de la mesa móvil.

Q5: Bobina Y5 avance del cilindro neumático de corte.

Q6: Bobina Y6 retroceso del cilindro neumático de corte.

Q7: Piloto automático.

Q8: Piloto manual.

Q9: Piloto marcha.

Q10: Piloto paro.

Q11: Piloto King Kong.

Q12: Piloto techo 15-12.

Q13: Piloto pandereta.

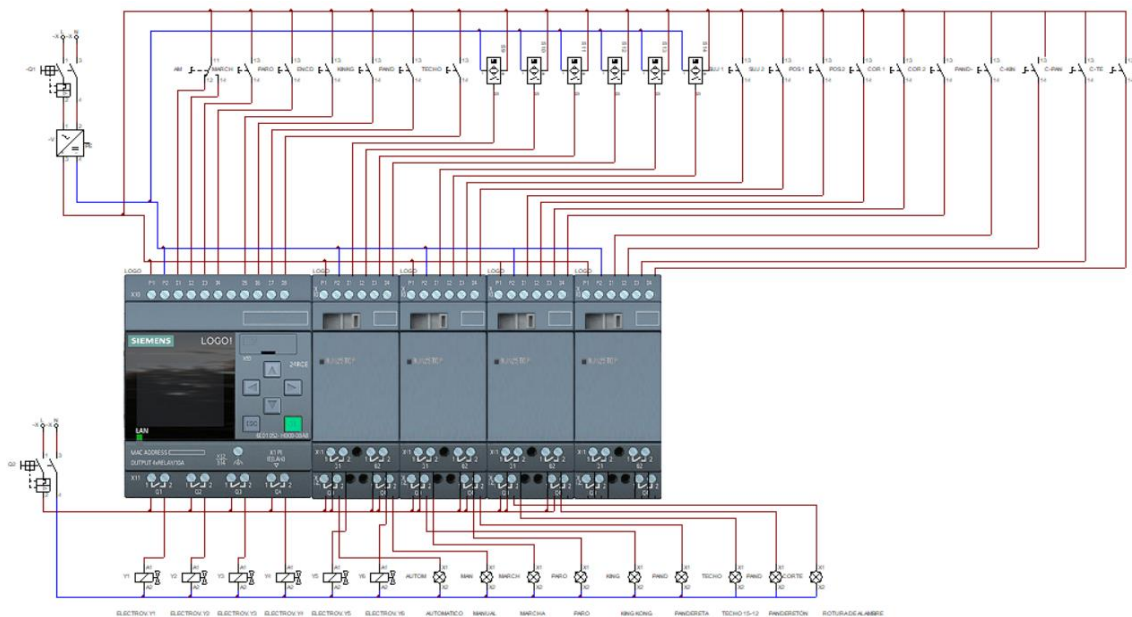
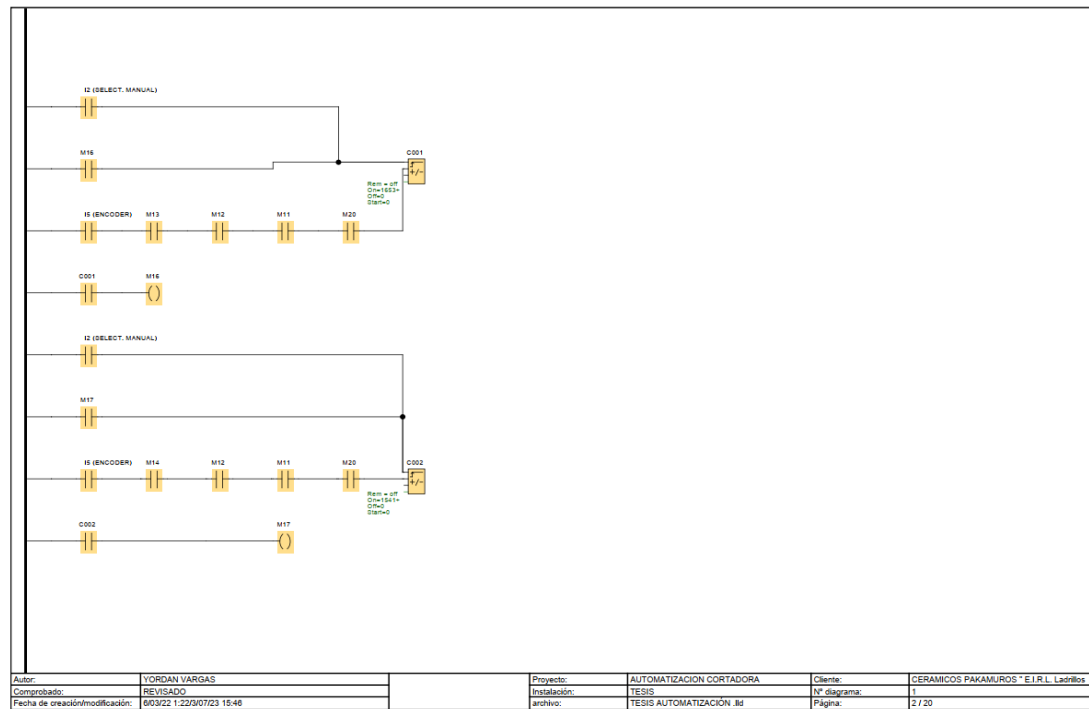
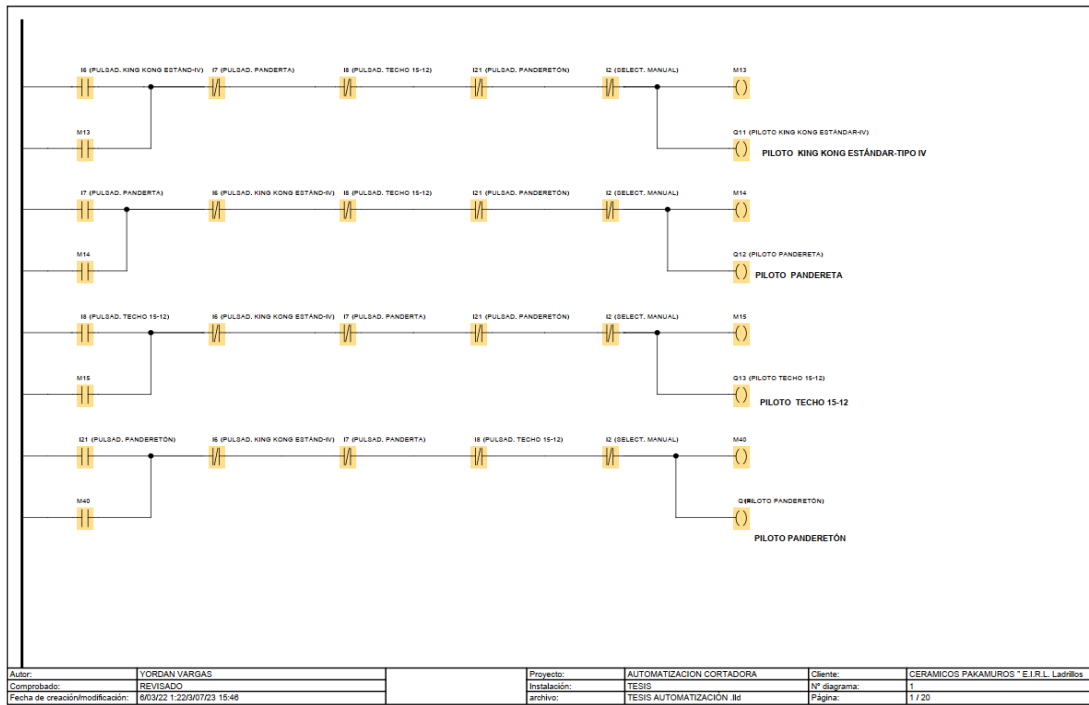
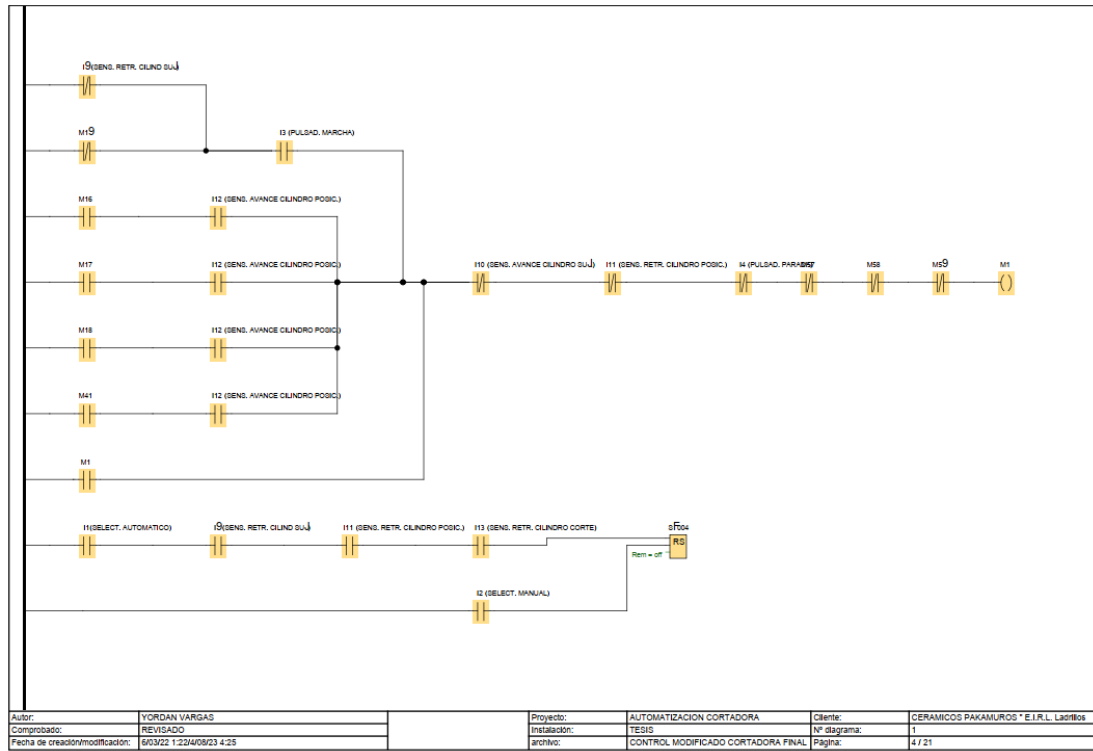
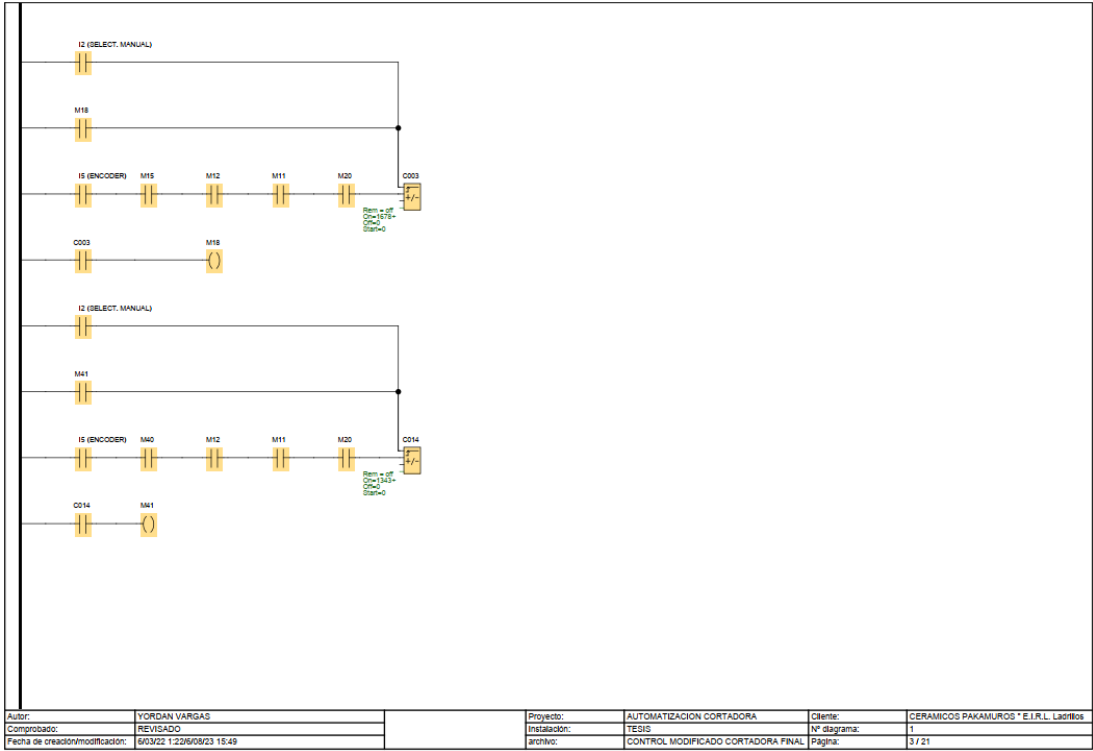


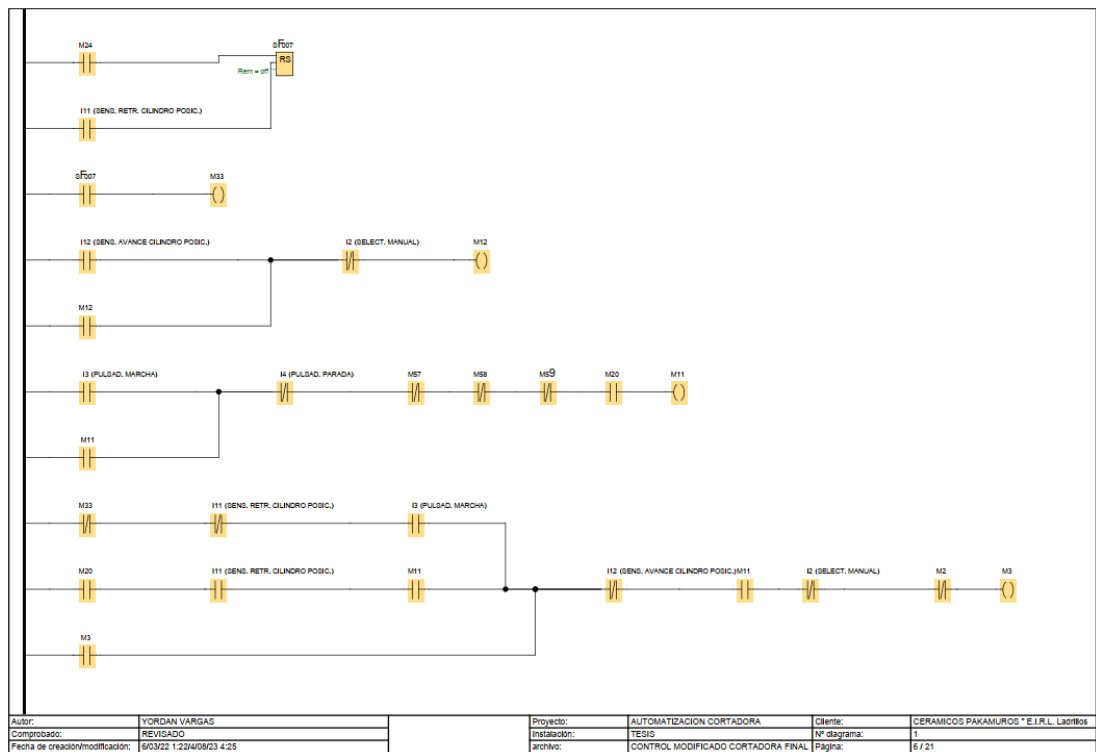
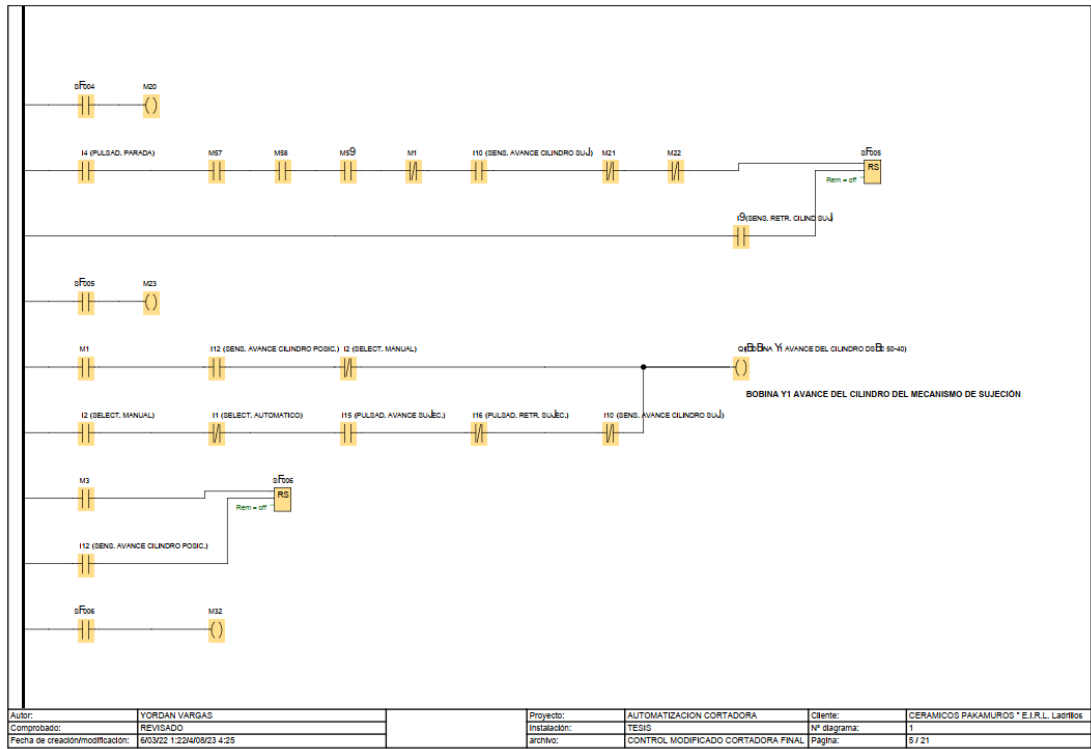
Figura 88. Conexión de entradas y salidas del Logo v8.

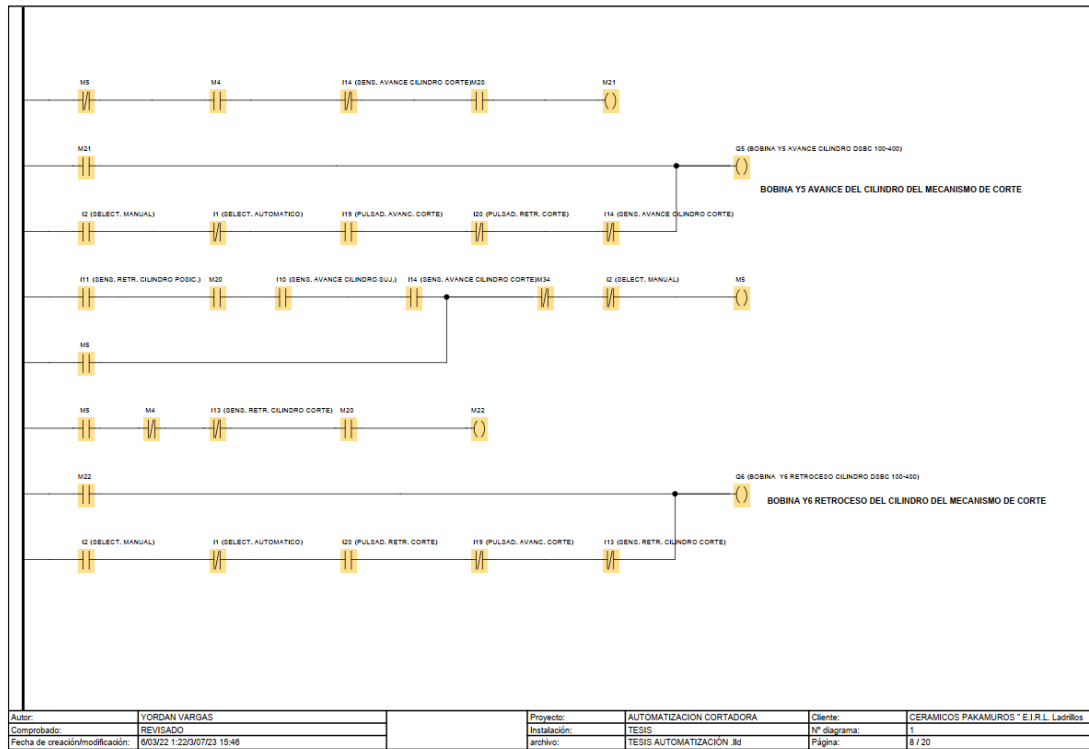
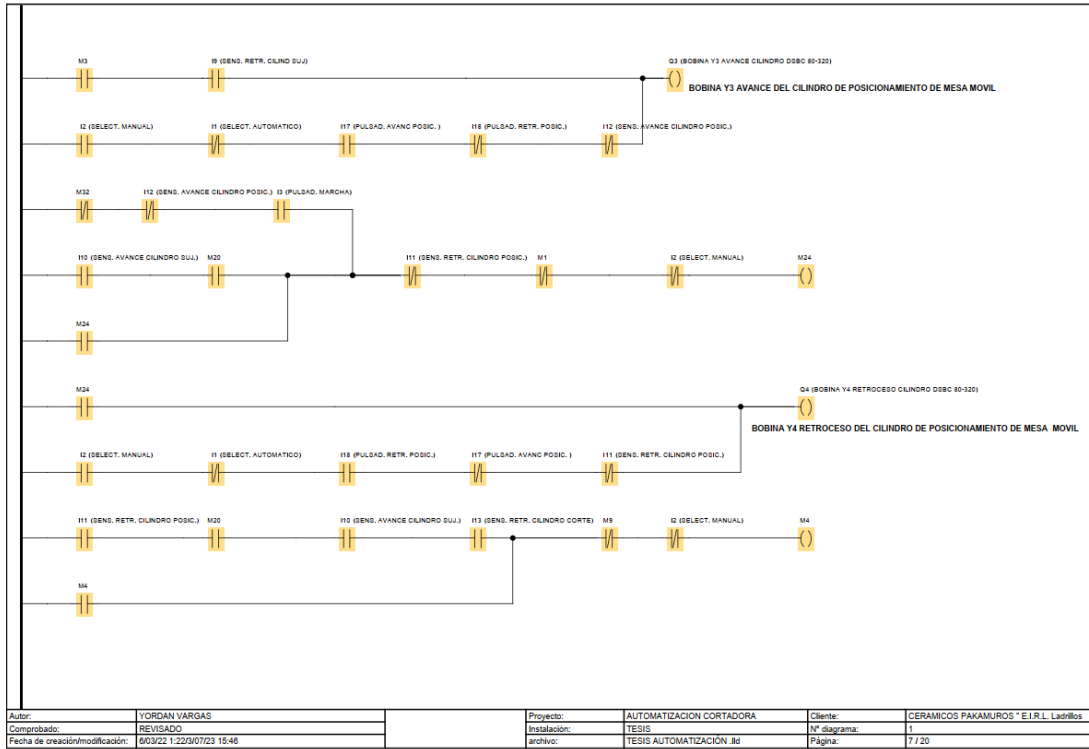
4.3.22.8. Programación en lenguaje Ladder

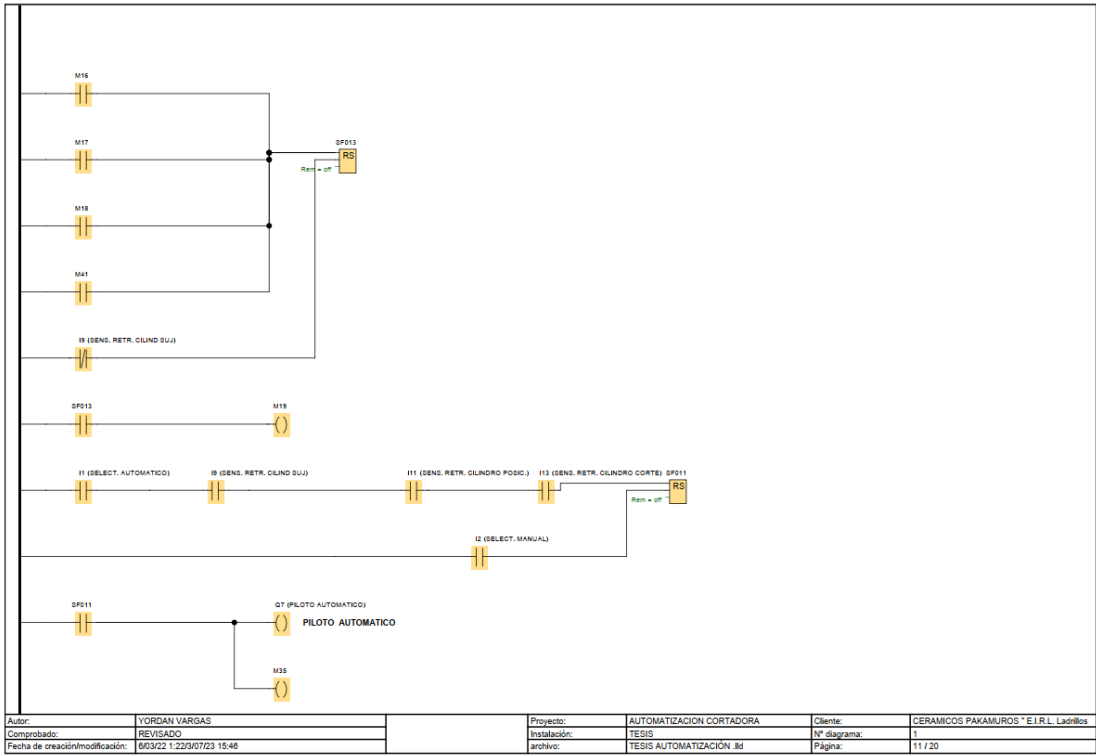
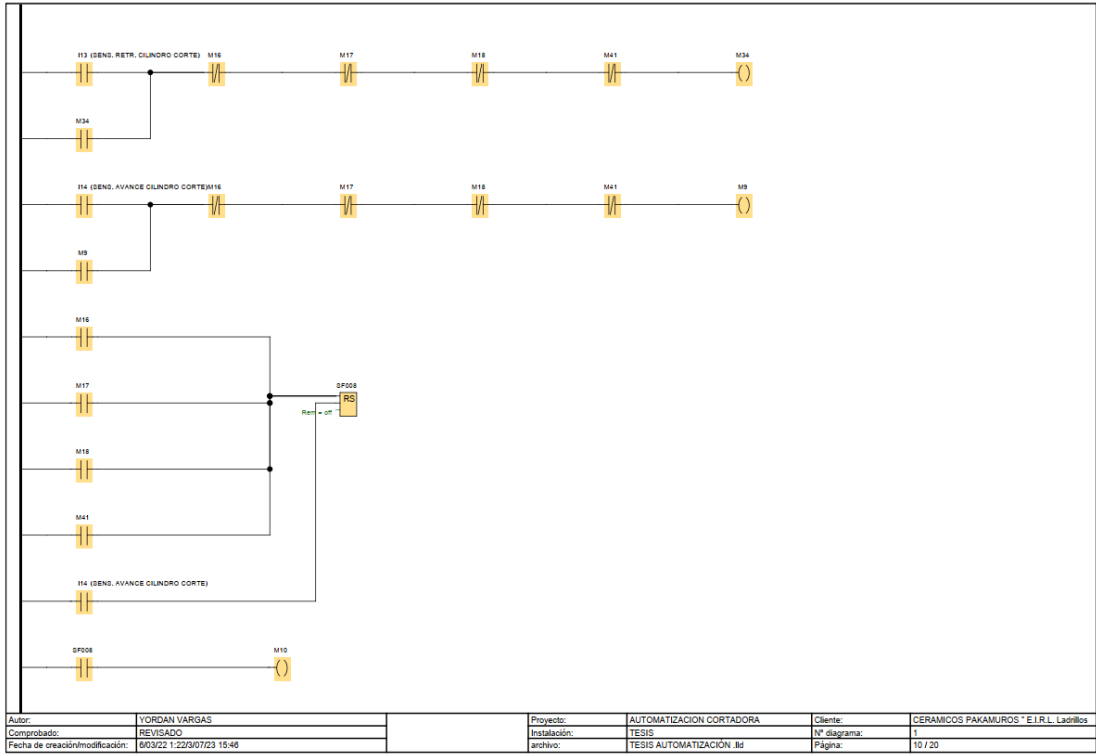
La programación se realizó en el programa Logosoft Comfort v8 de Siemens.

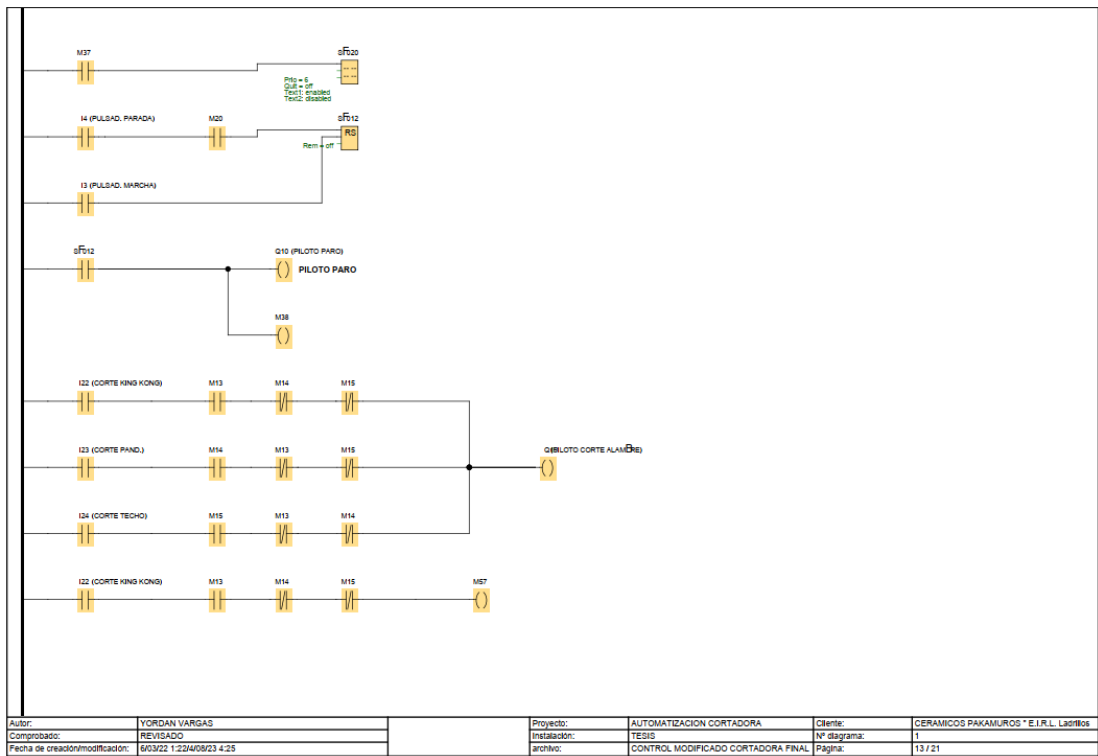
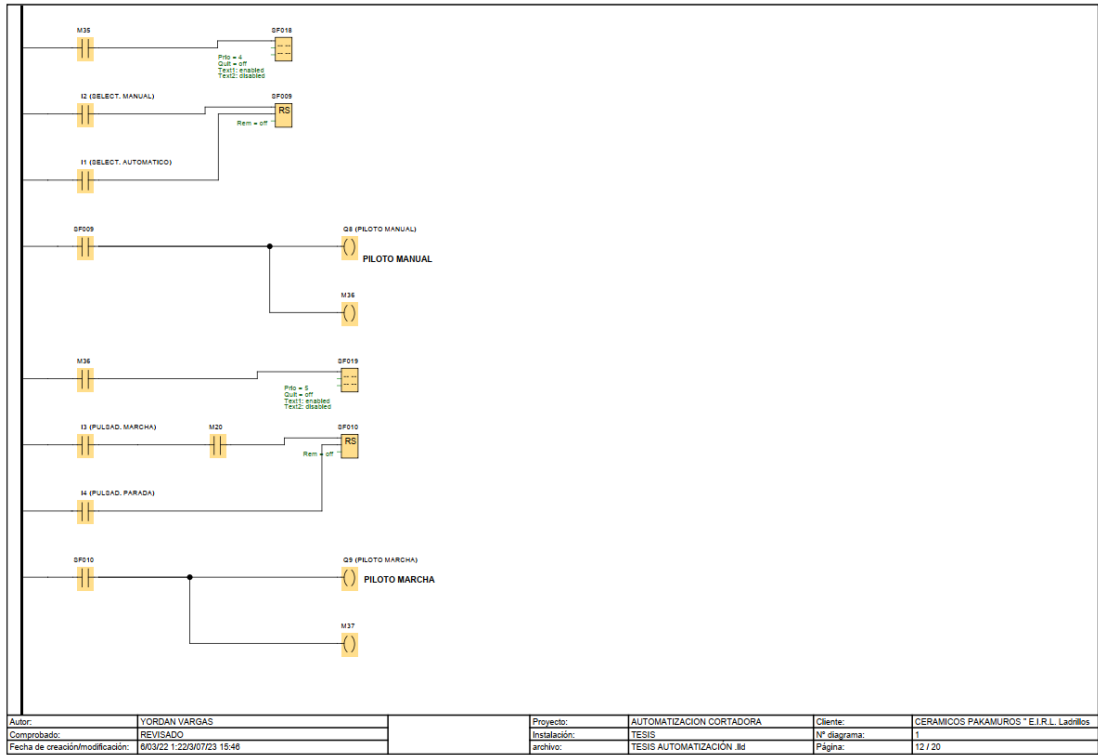


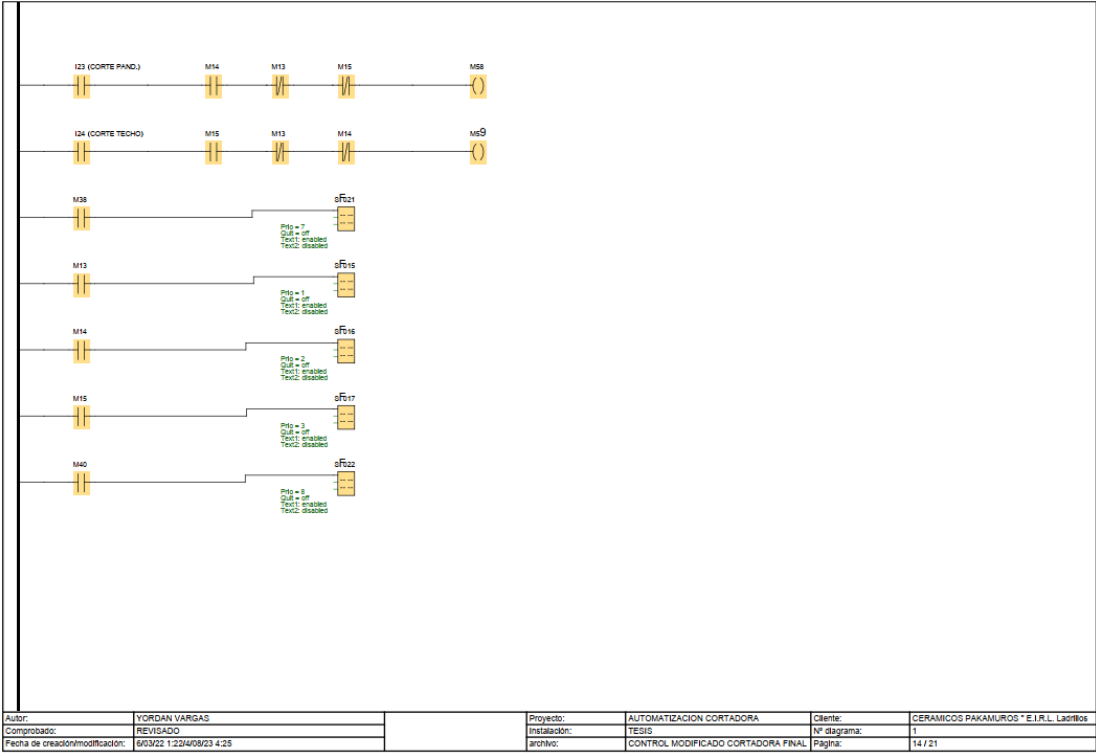






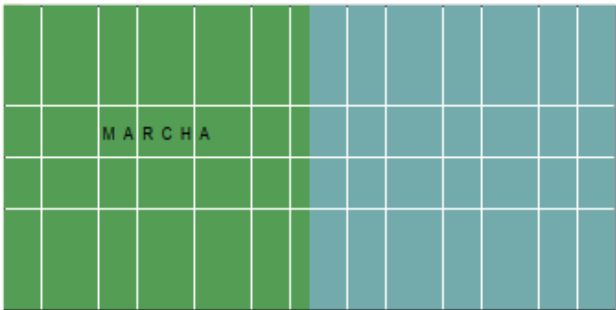








Número de bloque (tipo)	Parámetro																		
C001(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=1653+ Off=0 Start=0																		
C002(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=1541+ Off=0 Start=0																		
C003(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=1678+ Off=0 Start=0																		
C014(Contador adelante/atrás) :	Rem = off On=1678+ Off=0 Start=0																		
Q1(Bobina) : BOBINA Y1 AVANCE DEL CILINDRO DEL MECANISMO DE SUJECIÓN																			
Q2(Bobina) : BOBINA Y2 RETROCESO DEL CILINDRO DEL MECANISMO DE SUJECIÓN																			
Q3(Bobina) : BOBINA Y3 AVANCE DEL CILINDRO DE POSICIONAMIENTO DE MESA MOVIL																			
Q4(Bobina) : BOBINA Y4 RETROCESO DEL CILINDRO DE POSICIONAMIENTO DE MESA MOVIL																			
Q5(Bobina) : BOBINA Y5 AVANCE DEL CILINDRO DEL MECANISMO DE CORTE																			
Q6(Bobina) : BOBINA Y6 RETROCESO DEL CILINDRO DEL MECANISMO DE CORTE																			
Q7(Bobina) : PILOTO AUTOMATICO																			
Q8(Bobina) : PILOTO MANUAL																			
Q9(Bobina) : PILOTO MARCHA																			
Q10(Bobina) : PILOTO PARO																			
Q11(Bobina) : PILOTO RING KONG ESTÁNDAR-TIPO IV																			
Q12(Bobina) : PILOTO PANDERETA																			
Q13(Bobina) : PILOTO TECHO 15-12																			
Q14(Bobina) : PILOTO PANDERETÓN																			
SF004(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF005(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF006(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF007(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF008(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF009(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF010(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
SF011(Relé autoenclavador) :	Rem = off																		
<table border="1"> <tr> <td>Autor:</td> <td>YORDAN YARGAS</td> <td>Proyecto:</td> <td>AUTOMATIZACION</td> <td>Cliente:</td> <td>CERAMICOS PAKAMUROS *</td> </tr> <tr> <td>Comprobado:</td> <td>REVISADO</td> <td>Instalación:</td> <td>TESIS</td> <td>Nº diagrama:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Fecha de creación/modificación:</td> <td>22/07/23 15:46</td> <td>archivo:</td> <td>TESIS AUTOMATIZACION .Jtd</td> <td>Página:</td> <td>14 / 20</td> </tr> </table>		Autor:	YORDAN YARGAS	Proyecto:	AUTOMATIZACION	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *	Comprobado:	REVISADO	Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1	Fecha de creación/modificación:	22/07/23 15:46	archivo:	TESIS AUTOMATIZACION .Jtd	Página:	14 / 20
Autor:	YORDAN YARGAS	Proyecto:	AUTOMATIZACION	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *														
Comprobado:	REVISADO	Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1														
Fecha de creación/modificación:	22/07/23 15:46	archivo:	TESIS AUTOMATIZACION .Jtd	Página:	14 / 20														

Número de bloque (tipo)	Parámetro																		
SF012(Relé autoencavador) :	Rem = off																		
SF013(Relé autoencavador) :	Rem = off																		
SF015(Texto de aviso) :	Prio = 1 Out = off Text1: enabled Text2: disabled --> Configuración del ticker - Cfg - Line 1: N - Line 2: N - Line 3: N - Line 4: N - Line 5: N Destino de aviso - Display de LOGO!																		
SF016(Texto de aviso) :	Prio = 2 Out = off Text1: enabled Text2: disabled --> Configuración del ticker - Cfg - Line 1: N - Line 2: N - Line 3: N - Line 4: N - Line 5: N Destino de aviso - Display de LOGO!																		
SF017(Texto de aviso) :	Prio = 3 Out = off Text1: enabled Text2: disabled --> Configuración del ticker - Cfg - Line 1: N - Line 2: N - Line 3: N - Line 4: N - Line 5: N Destino de aviso - Display de LOGO!																		
<table border="1"> <tr> <td>Autor:</td> <td>YORDAN VARGAS</td> <td>Proyecto:</td> <td>AUTOMATIZACIÓN</td> <td>Cliente:</td> <td>CERAMICOS PAKAMUROS *</td> </tr> <tr> <td>Comprobado:</td> <td>REVISADO</td> <td>Instalación:</td> <td>TESIS</td> <td>Nº diagrama:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Fecha de creación/modificación:</td> <td>2018/12/20/07:23 15:46</td> <td>archivo:</td> <td>TESIS AUTOMATIZACIÓN .bit</td> <td>Página:</td> <td>15 / 20</td> </tr> </table>		Autor:	YORDAN VARGAS	Proyecto:	AUTOMATIZACIÓN	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *	Comprobado:	REVISADO	Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1	Fecha de creación/modificación:	2018/12/20/07:23 15:46	archivo:	TESIS AUTOMATIZACIÓN .bit	Página:	15 / 20
Autor:	YORDAN VARGAS	Proyecto:	AUTOMATIZACIÓN	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *														
Comprobado:	REVISADO	Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1														
Fecha de creación/modificación:	2018/12/20/07:23 15:46	archivo:	TESIS AUTOMATIZACIÓN .bit	Página:	15 / 20														

Número de bloque (tipo)	Parámetro																		
<p>SF018(Texto de aviso) :</p>  <p>Line1.4 SF018-Time</p>	<p>Prio = 4 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N</p> <p>Destino de aviso - Display de LOGO!</p>																		
<p>SF019(Texto de aviso) :</p>  <p>Line1.2 SF019-Time</p>	<p>Prio = 5 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N</p> <p>Destino de aviso - Display de LOGO!</p>																		
<p>SF020(Texto de aviso) :</p> 	<p>Prio = 6 Quit = off Text1: enabled Text2: disabled</p> <p>Configuración del ticker - CBC - Line1: N - Line2: N - Line3: N - Line4: N - Line5: N - Line6: N</p> <p>Destino de aviso - Display de LOGO!</p>																		
<table border="1"> <tr> <td>Autor:</td> <td>YORDAN VARGAS</td> </tr> <tr> <td>Comprobado:</td> <td>REVISADO</td> </tr> <tr> <td>Fecha de creación/modificación:</td> <td>2023/07/23 15:46</td> </tr> </table>	Autor:	YORDAN VARGAS	Comprobado:	REVISADO	Fecha de creación/modificación:	2023/07/23 15:46	<table border="1"> <tr> <td>Proyecto:</td> <td>AUTOMATIZACION</td> <td>Cliente:</td> <td>CERAMICOS PAKAMUROS *</td> </tr> <tr> <td>Instalación:</td> <td>TESIS</td> <td>Nº diagrama:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>archivo:</td> <td>TESIS AUTOMATIZACIÓN Jd</td> <td>Página:</td> <td>16 / 20</td> </tr> </table>	Proyecto:	AUTOMATIZACION	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *	Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1	archivo:	TESIS AUTOMATIZACIÓN Jd	Página:	16 / 20
Autor:	YORDAN VARGAS																		
Comprobado:	REVISADO																		
Fecha de creación/modificación:	2023/07/23 15:46																		
Proyecto:	AUTOMATIZACION	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *																
Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1																
archivo:	TESIS AUTOMATIZACIÓN Jd	Página:	16 / 20																

Número de bloque (tipo)	Parámetro																		
<p>SF021(Texto de aviso) :</p> 	<pre> Prio = 7 Out = off Text1: enabled Text2: disabled Configuración del ticker - CBC - Line 1: N - Line 2: N - Line 3: N - Line 4: N - Line 5: N - Line 6: N Destino de aviso - Display de LOGO! </pre>																		
<p>SF022(Texto de aviso) :</p> 	<pre> Prio = 8 Out = off Text1: enabled Text2: disabled Configuración del ticker - CBC - Line 1: N - Line 2: N - Line 3: N - Line 4: N - Line 5: N - Line 6: N Destino de aviso - Display de LOGO! </pre>																		
<table border="1"> <tr> <td>Autor:</td> <td>YORDAN VARGAS</td> </tr> <tr> <td>Comprobado:</td> <td>REVISADO</td> </tr> <tr> <td>Fecha de creación/modificación:</td> <td>2022/07/23 15:48</td> </tr> </table>	Autor:	YORDAN VARGAS	Comprobado:	REVISADO	Fecha de creación/modificación:	2022/07/23 15:48	<table border="1"> <tr> <td>Proyecto:</td> <td>AUTOMATIZACION</td> <td>Cliente:</td> <td>CERAMICOS PAKAMUROS *</td> </tr> <tr> <td>Instalación:</td> <td>TESIS</td> <td>Nº diagrama:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>archivo:</td> <td>TESIS AUTOMATIZACION .Jd</td> <td>Página:</td> <td>17 / 20</td> </tr> </table>	Proyecto:	AUTOMATIZACION	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *	Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1	archivo:	TESIS AUTOMATIZACION .Jd	Página:	17 / 20
Autor:	YORDAN VARGAS																		
Comprobado:	REVISADO																		
Fecha de creación/modificación:	2022/07/23 15:48																		
Proyecto:	AUTOMATIZACION	Cliente:	CERAMICOS PAKAMUROS *																
Instalación:	TESIS	Nº diagrama:	1																
archivo:	TESIS AUTOMATIZACION .Jd	Página:	17 / 20																

4.3.23. Sistema electroneumático

El sistema tendrá una presión nominal de trabajo de 8 Bar, el cual será suministrado por una fuente de aire comprimido de manera constante a los actuadores neumáticos, se dispondrá de una unidad de mantenimiento FRL para el sistema.

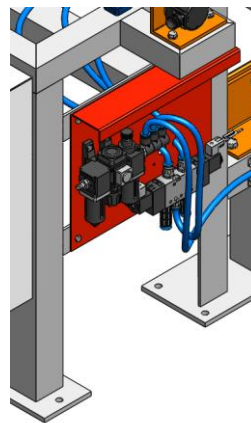


Figura 89. Unidad de mantenimiento FRL.

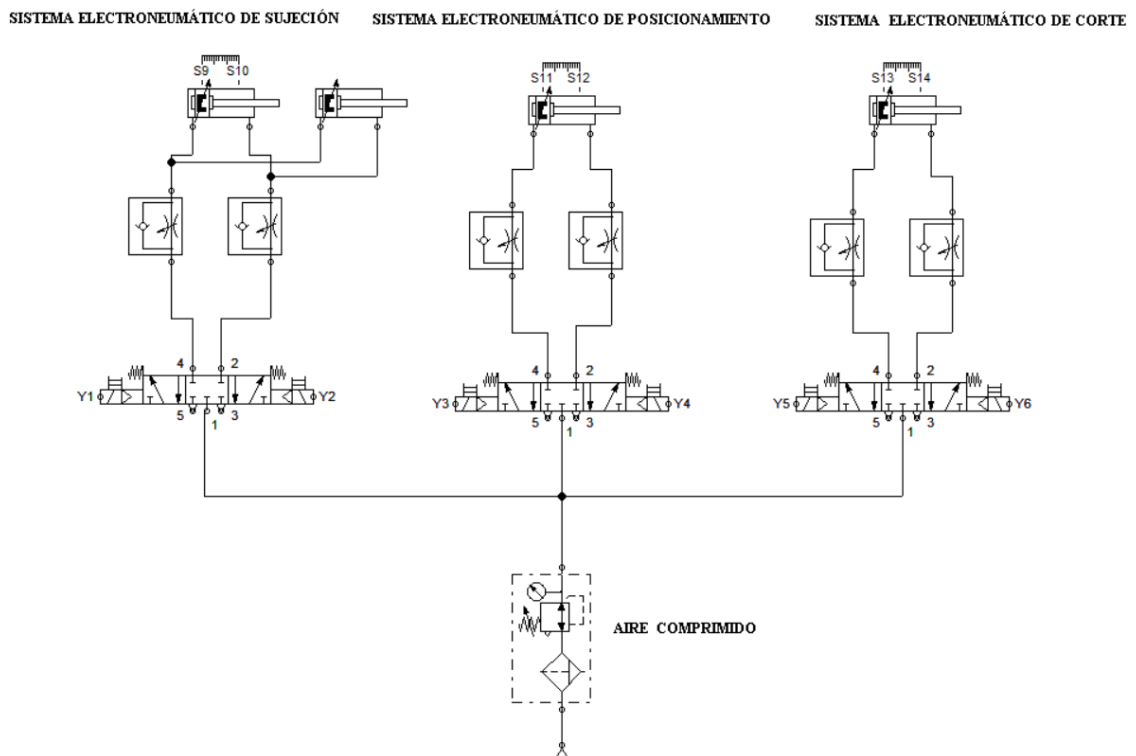


Figura 90. Sistema electroneumático general de la cortadora.

4.3.23.1. Sistema electropneumático de corte

Es el encargado de movilizar el mecanismo de corte de ladrillo está constituido por los siguientes componentes.

- Cilindro normalizado DSBC-80-400-PPSA-N3.
- Válvula distribuidora Festo VUVS-L25-P53C-MD-G14-F8.
- Válvula estranguladora con antirretorno Festo GRLA-3/8-QS-10-D.
- Racor de rápido roscado Festo QS-G1/4-10.
- Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2.5-OE.

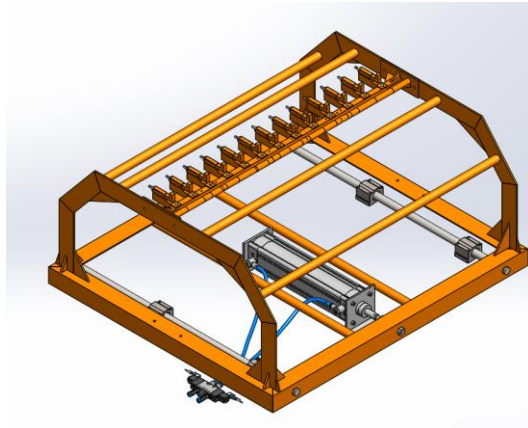


Figura 91. Diseño del sistema electropneumático de corte.

4.3.23.2. Sistema electropneumático de sujeción de ladrillo

Es el encargado de movilizar las planchas de sujeción al ladrillo extruido para realizar el proceso de corte en movimiento.

- Cilindro normalizado DSBC-50-50-PPSA-N3.
- Válvula distribuidora Festo VUVS-L25-P53C-MD-G14-F8.
- Válvula estranguladora con antirretorno Festo GRLA-1/4-QS-10-D Festo.
- Racor de rápido roscado QS-G1/4-10.
- Unión rápida en y QS-10.
- Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2.5-OE.

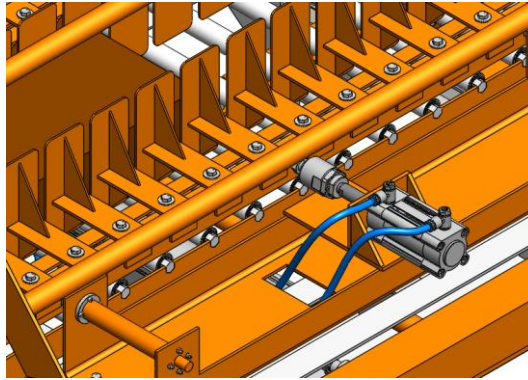


Figura 92. Diseño del sistema electropneumático de sujeción de ladrillo.

4.3.23.3. Sistema electropneumático de posicionamiento

Es el encargado de mover a su posición inicial la mesa móvil una vez finalizado el proceso de corte, está constituido por los siguientes componentes:

- Cilindro normalizado DSBG-40-320-PPSA-N3.
- Válvula distribuidora Festo VUVS-L25-P53C-MD-G14-F8.
- Válvula estranguladora con antirretorno Festo GRLA-1/4-QS-10-D.
- Racor de rápido roscado Festo QS-G1/4-10.
- Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2.5-OE.

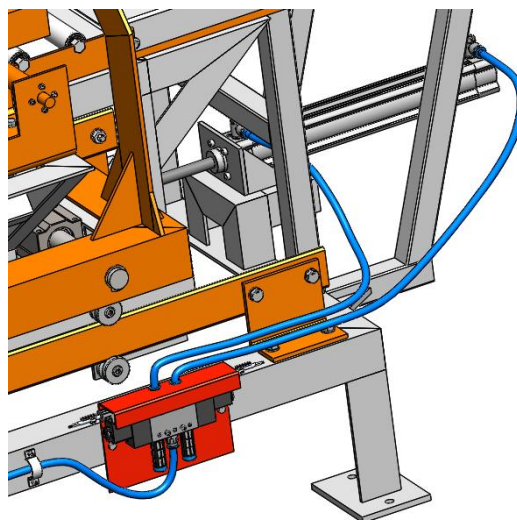


Figura 93. Diseño del sistema electropneumático de posicionamiento.

4.3.24. Análisis de la producción en la línea de formado con la cortadora electroneumática

En base a los resultados del análisis de fatiga del alambre con los distintos tipos de ladrillo cerámico y la simulación de los componentes, se estima la nueva producción. Según el análisis de fatiga, el alambre se romperá en promedio una vez al día

4.3.24.1. Paradas con la cortadora electroneumática

En la tabla 23 se detalla el cálculo de las horas de parada de la cortadora electroneumática, con un valor de 8.33 horas al mes, aumentando 27.17 horas de trabajo con respecto a la cortadora actual. Esto representa un aumento significativo, lo cual se traducirá en un incremento en la producción.

Tabla 23. *Paradas con la cortadora electroneumática por mes.*

Motivo de paradas	Nº de veces	Horas parada
Rotura del alambre	60	6.67
Modificación de corte para nuevo ladrillo	10	1.67
Total	70	8.33

4.3.24.2. Paradas en línea de formado con la cortadora electroneumática

En la tabla 24 se detalla el cálculo de las horas de parada en línea de producción con la cortadora electroneumática, reduciéndose a 53.3 horas por mes

Tabla 24. *Paradas en la línea de formado por mes con la cortadora electroneumática.*

Máquina	Horas disponibles	Horas máquina	N° Fallas	Horas parada	Frecuencia (%)
Extrusora	416	396.0	12	20	37.50 %
Mescladora	416	401.0	7	15.0	28.13 %
Cortadora electroneumática	416	407.7	2	8.33	15.63 %
Molino	416	412.0	8	4.0	7.50 %
Bomba de vacío	416	412.0	8	4.0	7.50 %
Faja transportadora 1	416	415.0	2	1.0	1.88 %
Faja transportadora 2	416	415.0	2	1.0	1.88 %
Total	2912	2858.7	41	53.3	100.00 %

En tabla 25 se detalla el cálculo de las nuevas horas operativas al mes de la empresa, con la cortadora electroneumática con un valor de 362.7 horas.

Tabla 25. *Tiempo operativo por mes con la cortadora electroneumática.*

Descripción	Horas
Tiempo Paradas con cortadora electroneumática (mes)	53.3
Tiempo disponible (mes)	416.0
Tiempo operativo con cortadora electroneumática (mes)	362.7

4.3.24.3. Pérdidas de producto en la línea de formado por ladrillos defectuosos

Tabla 26. *Pérdidas de producción por ladrillo defectuoso.*

Extrusora (unid/día)	Cortadora (unid/día)	Total (unid/día)	Total (ton.día)
200	8	208	0.70
150	7	157	0.68
1400	30	1430	3.78
800	20	820	3.67
350	12	362	3.50
350	12	362	2.88

4.3.24.4. Producción en la línea de formado con la cortadora electroneumática

En la tabla 27 se detalla el cálculo de la nueva producción con la cortadora electroneumática, el cual nos da un valor promedio de 322.37 toneladas/día.

$$Prod_{buena} = (Horas_{operativas} * Veloc_{prod}) - Productos_{defectuosos}$$

Tabla 27. Producción en la línea de formado con la cortadora electroneumática.

Tipo de ladrillo	Masa (kg)	Producción real			Producción buena		
		Mill/Turno	Ton/día	Ton/mes	Ton/día	Ton/mes	Efic (%)
King Kong estándar	3.38	48.87	330.38	8589.93	329.68	8571.65	85.85 %
King Kong IV	4.32	37.10	320.52	8333.61	319.85	8315.97	83.29 %
Pandereta	2.64	62.82	331.67	8623.48	327.90	8525.32	85.39 %
Panderetón	4.48	36.03	322.79	8392.66	319.12	8297.14	83.10 %
Techo N° 15	9.67	16.78	324.55	8438.28	321.05	8347.27	83.61 %
Techo N° 12	7.95	20.09	319.50	8306.94	316.62	8232.11	82.45 %
Promedio		36.95	324.90	8447.48	322.37	8381.58	83.95 %

4.3.24.5. Productividad en la línea de formado con la cortadora electroneumática

En la tabla 28 se detalla la nueva productividad de la empresa, el cual esta medido en relación con el número de máquinas de la línea de formado, el cual nos da un valor promedio de 46 toneladas/día*máquina.

Tabla 28. *Productividad en la línea de formado con la cortadora electroneumática.*

Tipo de ladrillo	Ton/día.máq	Ton/mes.máq	Eficiencia (%)
King Kong estándar	47.10	1224.52	85.85 %
King Kong tipo IV	45.69	1188.00	83.29 %
Pandereta	46.84	1217.90	85.39 %
Panderetón	45.59	1185.31	83.10 %
Techo N° 15	45.86	1192.47	83.61 %
Techo N° 12	45.23	1176.02	82.45 %
Promedio	46.05	1197.37	83.95 %

4.3.24.6. Análisis comparativo de indicadores de mejora

En la tabla 29 se observa la mejora del rendimiento en un 6.70 % aproximadamente en la productividad de la empresa, con el diseño de la cortadora electroneumática.

Tabla 29. *Cuadro comparativo promedio de indicadores.*

Descripción	Cortadora actual	Cortador electron.	Mejora
Producción (Ton/día)	296.64	322.37	25.73
Productividad (Ton/día.máq)	42.57	46.05	3.48
Rendimiento (%)	77.25 %	83.95 %	6.70%

4.3.25. Capacidad de producción de la cortadora electroneumática

En base al análisis electroneumático, el tiempo total para realizar un corte es de 3.5 segundos, esto se traduce en 17 cortes/minuto, al multiplicar por la masa de los diferentes tipos de ladrillo obtenemos la capacidad de producción con un valor promedio de 33.8 toneladas/hora.

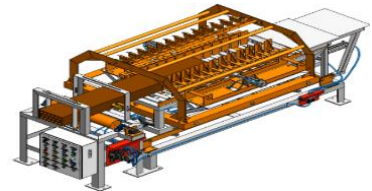
Tabla 30. Capacidad de producción de la cortadora electroneumática.

Tipo de ladrillo	Ladr/corte	Ladr/minuto	Ton/h
King Kong estándar	10	170	34.48
King Kong tipo IV	10	170	44.06
Pandereta	16	272	43.08
Panderetón	6	102	27.42
Techo N° 15	3	51	29.59
Techo N° 12	3	51	24.33
Promedio			33.83

4.3.26. Ficha técnica de la cortadora electroneumática

Tabla 31. Características de la cortadora diseñada.

Características modelo CE-01	
Modelo	CE-01
Capacidad de prod. (ton/h)	33
Capacidad de corte (cort/min)	17
Altura máxima de corte (mm)	450
Longitud máxima corte (mm)	1250
Anchura máxima corte (mm)	500
Presión de trabajo (MPa)	0.6-0.8
Potencia (kW)	3.7
Dimensiones (m)	3x0.7x1.67
Peso (ton)	0.5
Funcionamiento	Automático



4.3.27. Análisis comparativo de cortadoras de ladrillo cerámico

Se realizará el comparativo técnico (potencia, velocidad, dimensiones, etc.) y económico de cortadoras electroneumáticas para ladrillos de arcilla.

Tabla 32. Cuadro comparativo de cortadoras de ladrillo de arcilla.

Descripción	CE-01	QPJ-I	CAB-400	CB-400	CAIG 420 RR
Capacidad de prod. (ton/h)	33	60	20	26	30
Altura máxima de corte (mm)	450	250	350	450	220
Longitud máxima de corte (mm)	1250	1254	1300	750	420
Ancho máximo de corte (mm)	550	550	550	500	1200
Presión de trabajo (MPa)	0.8	0.8		0.8	0.8
Potencia (kW)	3.7	11.2	3		
Dimensiones (m)	3x0.7x1.067	6.5x2.56x1.86	4.1x1.4x1.8		
Peso (ton)	0.5	2.9	0.85	0.475	0.7
Funcionamiento	Automático	Automático	Automático	Automático	Automático
Origen	Perú	China	Brasil	Brasil	Brasil
Marca Comercial	S/M	BRICTEC	BONFANTI	BERTRAN	GELENSKI
Precio	USD 7500	USD 15000	USD 6500	USD 7000	USD 7500

Se llega a la conclusión que nuestro diseño tiene la ventaja de utilizar menor potencia (kW) por corte y la capacidad de producción esta de acorde a la realidad de los tipos de ladrillos fabricados marca Greq de la empresa Cerámicos Pakamuros E.I.R.L.

4.3.28. Plan de mantenimiento preventivo

Para prolongar la vida útil y el funcionamiento adecuado de la cortadora electroneumática de ladrillos cerámicos se realiza un plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 33. *Plan de mantenimiento preventivo de cortadora electroneumática.*

Frecuencia	Actividades
Diario	Retirar merma de ladrillo cerámico en componentes de la máquina.
	Verificar presión nominal del compresor neumático.
	Limpiar electroválvulas y actuadores neumáticos.
	Limpiar encoder incremental y demás componentes eléctricos.
	Limpiar polines y ejes alineadores del mecanismo de corte.
	Verificar funcionamiento de mecanismo de corte y sincronismo de velocidad.
	Verificar presostato y nivel de lubricante en el compresor.
	Lubricar guías lineales con grasa industrial.
	Verificar nivelación de la máquina.
	Limpieza general de la máquina.
	Revisar fugas de aire en el sistema neumático.
Mensual	Verificar alineamiento y ajuste de ejes del mecanismo de corte.
	Realizar mediciones eléctricas en sensores de proximidad y electroválvulas.
	Realizar mediciones eléctricas en encoder incremental y PLC.
	Verificar par de apriete de tornillos en los soportes de los cilindros neumáticos.
Seis meses	Limpiar y verificar válvulas estranguladoras del sistema neumático.
	Reemplazar las juntas tóricas y limpiar el cuerpo de las electroválvulas.
	Verificar resortes y actuadores de las electroválvulas.
	Lubricar rodillos guía encargados de la mesa móvil.
	Lubricar rodamientos lineales encargados del mecanismo de corte.
Anual	Limpiar elementos, verificar alineamiento, juntas y camisa, recambio de elementos deteriorados de los cilindros neumáticos.
	Verificar rodamientos de los polines.
	Limpieza de tablero eléctrico de control.
	Lubricar chumaceras del rodillo.
	Limpiar cartuchos, verificar componentes y caída de presión en unidad FRL.
Inspeccionar silenciadores neumáticos.	

CAPÍTULO V

COSTOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto de la cortadora electro neumática de ladrillos de arcilla se divide en costo de diseño de ingeniería, costos de elementos normalizados, costos de materiales para fabricación costos de elementos elaborados, costos de ensamble y algunos costos indirectos como los costos administrativos, servicios y otros.

5.1. Costos de ingeniería de diseño

Los gastos relacionados con el diseño, simulación y la creación de planos se han incorporado en los costos directos, con un monto estimado de alrededor de S/ 2500.00.

5.2. Costos de componentes fabricados

Tabla 34. *Costos de componentes fabricados y maquinados.*

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)
1	Fabricación de mesa móvil	1.00	500.00	S/ 500.00
2	Fabricación de estructura de corte	1.00	500.00	500.00
3	Fabricación de mesa estática	1.00	700.00	700.00
4	Mecanizado de pin del polín	26.00	23.00	598.00
6	Mecanizado del cuerpo del polín	15.00	20.00	300.00
7	Plegado del soporte del cilindro neumático de sujeción	2.00	150.00	300.00
9	Fabricación del mecanismo tensor de alambre - superior	26.00	10.00	260.00
10	Mecanizado de barra de soporte - mecanismo superior	1.00	30.00	30.00
13	Fabricación del soporte de polines de mesa móvil	2.00	50.00	100.00
15	Mecanizado de la barra de soporte mecanismo inferior	4.00	10.00	40.00
16	Mecanizado del eje alineador superior	1.00	90.00	90.00
17	Fabricación del tambor	1.00	25.00	25.00
18	Fabricación del sujetador de alambre - parte inferior	26.00	5.00	130.00
19	Fabricación del soporte del mecanismo de sujeción	2.00	30.00	60.00
20	Fabricación de componentes restantes		400.00	400.00
Total				4,033.00

5.3. Costos de adquisición de elementos normalizados

Los elementos normalizados se dividen en componentes neumático, eléctricos y mecánicos los cuales son accesibles de encontrar en el mercado peruano.

5.3.1. Costo de componentes neumáticos

Tabla 35. Costos de adquisición de componentes neumáticos.

Ítem	Descripción	Calidad	Cant.	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)
1	Electroválvula VUVS-L25-P53C-MD-G14-F8	FESTO	3	Unidad	350.00	1,050.00
2	Bobina magnética VACF-B-C1-3W	FESTO	6	Unidad	50.00	300.00
3	Conector tipo zócalo con cable KMEB-1-230AC-2.5	FESTO	6	Unidad	57.00	342.00
4	Silenciador U-1/4	FESTO	6	Unidad	18.00	108.00
6	Racor rápido roscado QS-G1/4-10	FESTO	9	Unidad	8.00	72.00
7	Cople neumático hembra 1/4 NTP	TRUPER	1	Unidad	20.00	20.00
8	Conector rápido neumático macho 1/4 NTP	TRUPER	1	Unidad	13.00	13.00
9	Conector neumático rosca 1/4" macho con espiga 10 mm	TRUPER	1	Unidad	8.00	8.00
10	Válvula de estrangulación y antirretorno del aire de escape GRLA-1/4-QS-10-D	FESTO	8	Unidad	50.00	400.00
11	Válvula de estrangulación y antirretorno del aire escape GRLA-3/8-QS-10-D	FESTO	2	Unidad	80.00	160.00
12	Unidad de mantenimiento F.R.L-1/4-NTP		1	Unidad	400.00	400.00
13	Racor rápido en Y QSY-10	FESTO	2	Unidad	25.00	50.00
14	Distribuidor neumático QSLV3-1/4-10	FESTO	1	Unidad	70.00	70.00
15	Cilindro neumático DSBC 50-40-PPSA-N3	FESTO	2	Unidad	406.00	812.00
16	Cilindro neumático DSBC 40-320-PPSA-N3	FESTO	1	Unidad	550.00	550.00
17	Cilindro neumático DSBC 80-400-PPSA-N3	FESTO	1	Unidad	1,020.00	1,020.00
18	Manguera neumática PUN-H-10x1.5-BL	FESTO	20	Metro	2.00	40.00
Total						5,415.00

5.3.2. Costo de componentes eléctricos

Tabla 36. Costos de adquisición de componentes eléctricos.

Ítem	Descripción	Calidad	Cant.	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)
1	Plancha tablero	410x350- 1.5 mm Acero	1.00	Unidad	10.00	10.00
2	Tablero eléctrico	400x450x160 mm Metálico	1.00	Unidad	275.00	275.00

3	Canaleta ranurada de 25x20-2 m	25x25 mm	1.00	Unidad	25.00	25.00
5	Módulo de ampliación LOGO! 8 DM16 24R	8ED/8SD RELÉ SIEMENS	2.00	Unidad	458.50	917.00
6	Módulo lógico LOGO! 8 24RCE	SIEMENS	1.00	Unidad	600.00	600.00
7	Riel din ranurado 35mm-1m	SIEMENS	1.00	Unidad	12.00	12.00
8	Interruptor termomagnético C10A	BTICINO	2.00	Unidad	35.00	70.00
9	LOGO Power, 24 v dc/2.5 a	SIEMENS	1.00	Unidad	250.00	250.00
10	Barra de tierra 8 terminales	SIEMENS	1.00	Unidad	8.50	8.50
11	Bornera de conexión tornillo 41a	SCHNEIDER	13.00	Unidad	3.50	45.50
12	Selector of/auto/manual	SCHNEIDER	1.00	Unidad	60.00	60.00
13	Pulsador (na) marcha	Verde 22 mm -STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
14	Pulsador (na) King Kong	Amarillo 22 mm- STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
15	Pulsador (na) paro	Rojo 22 mm-STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
16	Pulsador (na) techo 15-12	Azul 22 mm-STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
17	Pulsador (na) pandereta	Azul 22 mm-STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
18	Pulsador (na) panderetón	Azul 22 mm-STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
19	Piloto marcha	Verde 22 mm -STECK	1.00	Unidad	7.50	7.50
20	Piloto manual	Azul 22 mm-STECK	1.00	Unidad	7.50	7.50
21	Piloto pandereta	Amarillo 22 mm- STECK	1.00	Unidad	7.50	7.50
22	Piloto parada de emergencia	Rojo 22 mm-STECK	1.00	Unidad	10.00	10.00
23	Piloto techo 15-12	Amarillo 22 mm- STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
24	Piloto King Kong	Amarillo 22 mm- STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
25	Piloto panderetón	Amarillo 22 mm- STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
25	Piloto automático	Verde 22 mm -STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
26	Piloto energizado	Rojo 22 mm -STECK	1.00	Unidad	8.50	8.50
27	Piloto rotura de alambre	Rojo 22 mm -STECK	2.00	Unidad	9.50	19.00
28	Pulsador avance cilindro DSBC 50-40	Negro 22 mm-STECK	1.00	Unidad	9.50	9.50
29	Pulsador retorno cilindro DSBC 50-40	Blanco 22 mm-STECK	1.00	Unidad	9.50	9.50
30	Pulsador avance cilindro DSBC 80-320	Negro 22 mm-STECK	1.00	Unidad	9.50	9.50
31	Pulsador retorno cilindro DSBC 80-320	Blanco 22 mm-STECK	1.00	Unidad	9.50	9.50
32	Pulsador avance cilindro DSBC100-400	Negro 22 mm-STECK	1.00	Unidad	9.50	9.50
33	Pulsador retorno cilindro DSBC 100-400	Blanco 22 mm-STECK	1.00	Unidad	9.50	9.50
34	Interruptor magnético MSA-VS-40	WIKA	26.00	Unidad	35.00	910.00
34	Ventilador		1.00	Unidad	30.00	30.00
35	Sensor proximidad smt-8m-a-ps-24v-e-2.5-oe	FESTO	6.00	Unidad	138.00	828.00
36	Cable tw-80-14 AWG	INDECO	12.00	Mt	1.50	18.00
37	Encoder incremental 500ppr	ELTRA	1.00	Unidad	480.00	480.00
Total						4,741.00

5.3.3. Costo de adquisición de componentes mecánicos

Tabla 37. *Costos de adquisición de componentes mecánicos.*

Ítem	Descripción	Calidad	Cant.	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)
1	Arandela plana m6	Acero	16.0	Unidad	0.15	2.40
2	Tuerca hexagonal m6x1 mm	Clase 5	30.0	Unidad	0.20	6.00
3	Perno hexagonal m6x1-20 mm	Clase 5.8	4.0	Unidad	0.30	1.20
4	Perno hexagonal m6x1-15 mm	Clase 5.8	10.0	Unidad	0.30	3.00
5	Perno hexagonal m6x1-45 mm	Clase 8.8	14.0	Unidad	0.50	7.00
6	Perno Allen din 912 m6x1-25 mm	Clase 8.8	4.0	Unidad	0.70	2.80
7	Prisionero Allen m6x0.1-20 mm	Clase 5.8	22.0	Unidad	0.80	17.60
8	Arandela plana ancha m6	Acero	4.0	Unidad	0.50	2.00
9	Tuerca hexagonal m8x1.25 mm	Clase 8	40.0	Unidad	0.20	8.00
10	Tuerca hexagonal m8x1.25 mm	Clase 8	30.0	Unidad	0.30	9.00
10	Varilla roscada m8x1.25	Clase 5.8	2.0	Unidad	9.00	18.00
11	Arandela plana m8	Acero	20.0	Unidad	0.20	4.00
12	Perno hexagonal m8x1.25-25 mm	Clase 8.8	50.0	Unidad	0.50	25.00
13	Perno hexagonal m8x1.25-40 mm	Clase 8.8	8.0	Unidad	0.70	5.60
14	Perno Allen din 912 m8x1.25-25 mm	Clase 8.8	8.0	Unidad	0.90	7.20
15	Arandela plana ancha m12	Acero	8.0	Unidad	0.80	6.40
16	Tuerca hexagonal m12x1.75 mm	Clase 5	57.0	Unidad	0.90	51.30
17	Varilla roscada m12x1.75	Clase 5.8	1.0	Unidad	14.00	14.00
18	Arandela plana m4	Acero	16.0	Unidad	0.10	1.60
19	Tornillo Phillips m4x0.7-8 mm	Clase 4.8	18.0	Unidad	0.20	3.60
20	Tornillo Phillips m4x0.7-30 mm	Clase 4.8	4.0	Unidad	0.40	1.60
21	Perno Allen din 912 m4x0.7-40 mm	Clase 4.8	6.0	Unidad	0.60	3.60
22	Perno Allen din 912 m4x0.7-30 mm	Clase 4.8	2.0	Unidad	0.40	0.80
23	Tuerca hexagonal m4	Clase 5	58.0	Unidad	0.50	29.00
24	Perno Allen din 912 m4x0.7-20 mm	Clase 5.8	36.0	Unidad	0.30	10.80
25	Tuerca hexagonal m16x1.5 mm	Clase 8	2.0	Unidad	2.00	4.00
26	Tuerca hexagonal m16x2 mm	Clase 8	8.0	Unidad	1.50	12.00
27	Tuerca hexagonal m20x1.5 mm	Clase 8	2.0	Unidad	2.50	5.00
28	Arandela plana m10	Acero	20.0	Unidad	0.30	6.00
29	Tuerca m10x 1.5 mm	Clase 8	21.0	Unidad	0.40	8.40

30	Perno hexagonal m10x1.5-35 mm	Clase 8.8	20.0	Unidad	0.80	16.00
31	Perno Allen din 912 m10x1.5-25 mm	Clase 8.8	4.0	Unidad	1.00	4.00
32	Perno hexagonal m5x0.8-20 mm	Clase 5.8	4.0	Unidad	0.30	1.20
33	Tuerca hexagonal m5x0.8 mm	Clase 5.8	4.0	Unidad	0.20	0.80
34	Arandela plana m5	Acero	4.0	Unidad	0.20	0.80
35	Perno Allen din 912 m5x0.7-16 mm	Clase 5.8	3.0	Unidad	0.20	0.60
36	Perno hexagonal M12x35 mm	Clase 10.9	12.0	Unidad	2.00	24.00
37	Tuerca hexagonal M12x1.75 mm	Clase 10	12.0	Unidad	1.00	12.00
38	Arandela plana m12	Acero	16.0	Unidad	0.30	4.80
39	Anillo retención externo d30 mm	Acero DIN 471	8.0	Unidad	2.50	20.00
40	Anillo retención externo d12 mm	Acero DIN 471	52.0	Unidad	1.50	78.00
41	Rodillo guía fr 40 eu	NADELLA	8.0	Unidad	65.00	520.00
42	Acoplamiento flexible 12mm	ALU-FLEX	1.0	Unidad	40.00	40.00
43	Chumacera de pie UCP -204-12	SKF	2.0	Unidad	28.00	56.00
44	Rodamiento lineal LSET30UU	NTN-SNR	4.0	Unidad	68.00	272.00
45	Guía lineal FS 40 mt	NADELLA	1.0	Unidad	220.00	220.00
46	Rodamiento lineal BBER16A	NADELLA	8.0	Unidad	35.00	280.00
47	Rodamiento SKF16101-2rs1	SKF	46.0	Unidad	12.00	552.00
48	Rotula fk-m20x1.5	FESTO	1.0	Unidad	120.00	120.00
49	Rotula-fk-m16x1.5	FESTO	2.0	Unidad	100.00	200.00
50	Resorte de compresión d11.5mm -20m	CENTURY	26.0	Unidad	8.00	208.00
51	Varilla de acero 5/8"	A36	1.0	Unidad	20.00	20.00
52	Imanes pequeños de neodimio		26.0	Unidad	1.00	26.00
53	Alambre de acero d1.10mm	ASTM A228	2.0	Kg	5.00	10.00
Total						2,963.10

5.4. Costos de adquisición de materiales para fabricación

Tabla 38. Costos de adquisición de materiales para fabricación.

Ítem	Descripción	Calidad	Cant.	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)
1	Ángulo 2"x2"x1/8" (6m)	A36	1	Unidad	90.00	90.00
2	Ángulo 2 1/2"x2 1/2"x3/16" (6 m)	A36	2	Unidad	140.00	280.00
3	Tubo cuadrado 1 1/2"x1.5 mm	A500	1	Unidad	75.00	75.00
4	Ángulo 3"x3"x1/4" (6m)	A36	1	Unidad	180.00	180.00
5	Platina 3"x1/4" (6m)	A36	1	Unidad	170.00	170.00

6	Tubo redondo 1"x3mm (6m)	A500	2	Unidad	85.00	170.00
7	Ángulo 2"x2"x3/16" (6m)	A36	1	Unidad	110.00	110.00
8	Platina 2"x3/16" (6m)	A36	2	Unidad	80.00	160.00
9	Tubo SCH 80 1" (4.8m)	A53	2	Unidad	120.00	240.00
10	Barra redonda lisa 3/4"(2m)	SAE 1020	1	Unidad	40.00	40.00
11	Eje pulido 30 mm (3m)	SAE 1020	1	Unidad	140.00	140.00
12	Eje pulido 16 mm (2m)	SAE 1020	1	Unidad	60.00	60.00
13	Tubo redondo 4"x3mm (2m)	A500	1	Unidad	50.00	50.00
14	Platina 3x1/8" (6m)	A36	2	Unidad	130.00	260.00
15	Barra redonda lisa 1" (3m)	SAE 1045	1	Unidad	50.00	50.00
16	Tubo cuadrado 3/4"x2 mm (2m)	A513	1	Unidad	25.00	25.00
17	Barra cuadrada 1 1/4" (6m)	SAE 1045	1	Unidad	130.00	130.00
18	Barra redonda lisa 1/2 (2m)	SAE 1045	1	Unidad	40.00	40.00
19	Platina 4"x1/4" (6m)	A36	1	Unidad	190.00	190.00
20	Plancha 600x1200x1.5 mm	A36	1	Unidad	200.00	200.00
21	Plancha 1200x2400x4.5 mm	A36	1	Unidad	400.00	400.00
21	Plancha 600x1200x6.4 mm	A36	1	Unidad	450.00	450.00
22	Soldadura electrodo E7018 1/8"	Nazca	10	Kg	17.00	170.00
23	Pintura anticorrosiva naranja	Vencedor	3	Balde	50.00	150.00
24	Pintura anticorrosiva gris claro	Vencedor	2	Balde	50.00	100.00
25	Base zincromato	Chemisa	3	Balde	52.00	156.00
26	Thiner acrilico (3.5 litros)	Issa	2	Galón	22.00	44.00
27	Disco de corte metal 7' 1/16' (1.6 mm)	Dewalt	6	Unidad	7.00	42.00
28	Disco de desbaste 4"x1/2' x 1/4' (6mm)	Dewalt	5	Unidad	7.50	37.50
28	Otros				100.00	100.00
Total						4,309.50

5.5. Costos de ensamble

Tabla 39. *Costos de ensamble.*

Ítem	Descripción	Cant.	Precio unitario (S/)	Precio parcial (S/)
1	Ensamble del tablero eléctrico de control	1	800.00	800.00
2	Ensamble del sistema neumático	1	1,000.00	1,000.00
3	Ensamble general	1	1,400.00	1,400.00
Total				3,200.00

5.6. Costo total del proyecto

Tabla 40. *Costo total del proyecto.*

Costo del proyecto	
Costos directos	S/ 27,161.60
Costos de diseño en ingeniería	S/ 2,500.00
Costos de adquisición de componentes neumáticos	S/ 5,415.00
Costos de adquisición de componentes eléctricos	S/ 4,741.00
Costos de adquisición de componentes mecánicos	S/ 2,963.10
Costos de adquisición de materiales para fabricación	S/ 4,309.50
Costos de componentes fabricados	S/ 4,033.00
Costos de ensamble de componentes	S/ 3,200.00
Costos indirectos	S/ 1,980.00
Transporte	S/ 380.00
Gastos administrativos	S/ 1,500.00
Materiales de escritorio	S/ 100.00
Costo total del proyecto	S/ 29,141.60

5.7. Fórmula para actualización de costos

Los costos del proyecto fueron calculados considerando un valor de cambio del dólar en S/ 3.8. Para adaptar los costos a la fecha de ejecución del proyecto, se requiere utilizar una fórmula de ajuste de costos.

5.7.1. Cálculo de coeficiente de reajuste de valorización (k)

El coeficiente de reajustes de valorización es la relación entre el cambio inicial del dólar y el cambio a la fecha actual del dólar.

V_{I_D} = Valor al cambio inicial del dólar.

V_{A_D} = Valor al cambio final del dólar.

$$k = \frac{V_{A_D}}{V_{I_D}}$$

5.7.2. Cálculo del reintegro de costos (C_{IX})

C_{IX} = Costo inicial.

$$R_X = C_{IX} * (k - 1)$$

5.7.3. Cálculo del costo final (C_{RX})

Con la siguiente fórmula se realizó el cálculo del costo final del proyecto:

$$C_{RX} = C_{IX} + R_X$$

5.7.4. Fórmula para calcular el costo final de la cortadora electroneumática

Se calculan los costos finales directos e indirectos del proyecto para luego sumarlos y obtener la fórmula de reajuste de costo total.

- Costo final por servicios de diseño:

$$R_{DISEÑO} = 2500 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{DISEÑO}} = 2500 + R_{DISEÑO}$$

- Costo final por adquisición de componentes neumáticos:

$$R_{NEUMATICOS} = 5415 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{NEUMATICOS}} = 5415 + R_{NEUMATICOS}$$

- Costo final por adquisición de componentes eléctricos:

$$R_{ELÉCTRICOS} = 4741 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{ELÉCTRICOS}} = 4741 + R_{ELÉCTRICOS}$$

- Costo final por adquisición de componentes mecánicos:

$$R_{MECÁNICOS} = 2963.10 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{MECÁNICOS}} = 2963.10 + R_{MECÁNICOS}$$

- Costo final por adquisición de materiales para fabricación:

$$R_{MATERIALES} = 4309.5 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{MATERIALES}} = 4309.5 + R_{MATERIALES}$$

- Costo final por componentes fabricados y maquinados:

$$R_{FABRICADOS} = 4033 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{FABRICADOS}} = 4033 + R_{FABRICADOS}$$

- Costo final por ensambles:

$$R_{ENSAMBLES} = 3200 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{ENSAMBLES}} = 3200 + R_{ENSAMBLES}$$

- Costo final por transporte:

$$R_{TRANSPORTE} = 380 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{TRANSPORTE}} = 380 + R_{TRANSPORTE}$$

- Costo final por gastos administrativos:

$$R_{ADMINISTRATIVO} = 1500 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{ADMINISTRATIVO}} = 1500 + R_{ADMINISTRATIVO}$$

- Costo final por gastos de materiales de escritorio:

$$R_{\text{ESCRITORIO}} = 100 * \left(\frac{V_{AD}}{3.8} - 1 \right)$$

$$C_{R_{\text{ESCRITORIO}}} = 100 + R_{\text{ESCRITORIO}}$$

- Costo final total del proyecto:

$$\begin{aligned} C_{R_{\text{PROYECTO}}} = & C_{R_{\text{DISEÑO}}} + C_{R_{\text{NEUMATICOS}}} + C_{R_{\text{ELECTRICOS}}} + C_{R_{\text{MECANICOS}}} \\ & + C_{R_{\text{MATERIALES}}} + C_{R_{\text{FABRICACIÓN}}} + C_{R_{\text{ENSAMBLE}}} \\ & + C_{R_{\text{TRANSPORTE}}} + C_{R_{\text{ADMINISTRATIVO}}} + C_{R_{\text{ESCRITORIO}}} \end{aligned}$$

CONCLUSIONES

1. Se consiguió diseñar una cortadora electroneumática de ladrillo cerámico, con una capacidad de producción de 33 toneladas/hora, logrando aumentar en promedio 6.70 % la producción en la línea de formado de la empresa Ceramicos Pakamuros E.I.R.L.
2. Se logró calcular de manera experimental la fuerza de corte mediante alambre ASTM A-228 de 1.10 mm de diámetro para los diversos tipos de ladrillos cerámicos en crudo de la empresa Ceramicos Pakamuros. Para esto se construyó un mecanismo en el cual se les aplicaron diferentes pesos a los tipos de ladrillos hasta obtener las fuerzas de corte.
3. Se consiguió diseñar y simular los componentes mecánicos de la cortadora electroneumática, entre los cuales se incluye el mecanismo de corte por alambre con tensado por tornillo, mesa estática, mesa móvil y demás componentes. Fueron validados por simulación con elementos finitos realizados en el software CAD SolidWorks, obteniendo componentes seguros frente a las cargas que están expuestos.
4. Se logró diseñar la arquitectura de control de la cortadora electroneumática, el cual estará comandada por el módulo lógico Logo! 8, con su programación realizada en lenguaje Ladder. En las entradas, se utilizó un encoder incremental de 500 PPR para medición de las distancias de corte de los ladrillos, además de sensores de proximidad para la posición de los cilindros neumáticos y pulsadores para indicar marcha, paro, tipo de ladrillo, etc. En cuanto a las salidas, se utilizaron electroválvulas de 5/3 y luces piloto.
5. Se logró calcular y seleccionar los componentes neumáticos. Además, se determinó la potencia necesaria para accionar los cilindros neumáticos. Para el mecanismo de corte, se seleccionó el modelo DSBC 80-400. Para el mecanismo de sujeción, se optó por el modelo DSBC 50-40. En cuanto al posicionamiento de la mesa móvil, se escogió el modelo DSBC 40-320. Cada uno de los actuadores cuentan con su electroválvula de distribución 5/3 y sus válvulas de estrangulación y antirretorno. Estos componentes son de la marca Festo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un adecuado alineamiento y tensado del alambre de corte, además de realizar un montaje preciso de los cilindros neumáticos para garantizar el aumento de la producción y la capacidad de la cortadora electroneumática de ladrillo cerámico.
2. La fuerza de corte varía según la dureza del ladrillo, el diámetro y longitud del alambre. En nuestro caso, se realizaron pruebas para los tipos de ladrillos fabricados en la empresa Cerámicos Pakamuros, además con alambre de diámetro y longitud definidas de acuerdo a su línea de producción. Si se desea implementar nuestro diseño en otras ladrilleras, es necesario realizar las pruebas de corte para sus tipos de ladrillos, de modo que se pueda seleccionar correctamente el cilindro neumático de corte.
3. Se recomienda realizar un montaje preciso del mecanismo de corte superior e inferior para transmitir de manera adecuada las cargas a la estructura de corte. Además, de realizar un buen alineamiento de los ejes con los rodamientos lineales.
4. Se recomienda realizar un montaje adecuado del encoder incremental en el tambor giratorio para generar de manera precisa los pulsos de las distancias de corte para los diferentes tipos de ladrillos. De esta manera, el módulo lógico podrá ejecutar la programación correctamente.
5. Cuando se implemente el sistema neumático de corte, sujeción y posicionamiento es necesario la regular las válvulas de estrangulación y antirretorno. Esto permitirá obtener el caudal calculado y de esa manera, ejecutar el tiempo óptimo de funcionamiento de cada cilindro neumático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CUNYAS, G. Propuesta de implementación de una cortadora electro-neumática de ladrillo en crudo en la línea de producción para mejorar la capacidad productiva en la ladrillera LAPROSUR S.A.C. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero Mecánico). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2018.
- (2) MARMOLEJO, N. y ZULUAGA, J. Diseño de una máquina que realice el proceso de corte y perforado en la elaboración de tejas tipo caribe automáticamente. Tesis (Título de Ingeniero Mecatrónico). Colombia: Universidad Autónoma de Occidente, 2007.
- (3) ALARCÓN, S., y otros. Diseño y construcción de un cortador electroneumático para ladrillos de arcilla. *Tecnología y Desarrollo (Trujillo)*, 2018, 16(1), 68-77 pp.
- (4) INDECOPI [En línea]. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de acilla usados en albañilería, 1978 [fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/90427679/NTP-331-017-1978-UNIDADES-DE-ALBANILERIA-Ladrillos-de-arcilla-usados-en-albanileria-Requisitos>.
- (5) ACEROS AREQUIPA [En línea]. ¿Cuáles son las unidades de albañilería que debes conocer? [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.construyendoseguro.com/cuales-son-las-unidades-de-albanileria-que-debes-conocer/>
- (6) DIFERENCIA ENTRE TEMAS SIMILARES [En línea]. ¿Diferencia entre producción y productividad? [Fecha de consulta: 6 de junio de 2020]. Disponible en: <https://ladiferenciaentre.info/produccion-productividad/>.
- (7) BUDYNAS, R. y NISBETT, J. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill, 2012. ISBN: 978-607-15-0771-6.
- (8) NORTON, R. *Diseño de maquinaria*. México: McGraw-Hill, 2009. ISBN: 978-970-10-6884-7.
- (9) VANEGAS, L. *Diseño de elementos de máquinas*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2018. ISBN: 978-958-722-301-9.
- (10) PYTEL, A. y KIUSALAAS, J. *Ingeniería Mecánica: Estática*. Estados Unidos: Cengage Learning, 2012. ISBN: 9786074818314.
- (11) EBEL, F., y otros. *Fundamentos de la técnica de automatización*. Alemania: FESTO, 2008.
- (12) GIL, G. *Mantenimiento electromecánico en industrias de proceso*. España: Síntesis, 2016. ISBN: 978-84-9077-316-1.

- (13) CENTRO DE FORMACIÓN TÉCNICA PARA LA INDUSTRIA [En línea]. Electroneumática: qué es y cómo funciona [fecha de consulta: 1 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-electroneumatica/#:~:text=C%C3%B3mo%20funciona%20la%20electroneum%C3%A1tica,-Para%20poder%20realizar&text=Aqu%C3%AD%20es%20donde%20un%20simple, trabajo%20es%20el%20aire%20comprimido.>
- (14) WEST INSTRUMENTS. *Manual de aplicación de encoders*. México.
- (15) SIEMENS [En línea]. Diseño asistido por ordenador (CAD) [fecha de consulta: 6 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>.
- (16) ESSS [En línea]. Método de los elementos finitos: ¿qué es?, 2016 [fecha de consulta: 6 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.
- (17) SKF [En línea]. Rodamientos, 2019 [fecha de consulta: 4 de junio de 2021]. Disponible en: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d19680416953/pdf_preview_medium/0901d19680416953_pdf_preview_medium.pdf#cid-121486.
- (18) CERAMICOS PAKAMUROS EIRL [En línea]. Ladrillos QREQ el ladrillo perfecto [fecha de consulta: 8 de junio de 2020]. Disponible en: <https://ladrillosgreq.pe/nosotros/>.
- (19) BARRIGA, B. *Métodos de diseño en Ingeniería Mecánica*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- (20) MADE IN CHINA [En línea]. Alta de la máquina cortadora de ladrillos de arcilla Effienicy [fecha de consulta: 5 de julio de 2023]. Disponible en: https://es.made-in-china.com/co_cnbrickmachine/product_High-Effienicy-Clay-Bricks-Cutter-Machine_uogegoihg.html.
- (21) BONFANTI [En línea]. División cerámica [fecha de consulta: 5 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.bonfanti.com.br/es/division-ceramica/ceramica-maquinas/cortador-automatico/#1559574447067-50c32189-f45b>.
- (22) GELENSKI [En línea]. Cortador neumático CAIG-420RR. Disponible en: <https://gelenski.com.br/loja/cortador-pneumatico-420rr/>.

ANEXOS

Anexo 1. Dispositivo para experimento de la fuerza de corte para ladrillo arcilla húmedo.



Anexo 2. Medición en balanza electrónica de las pesas para la fuerza de corte.



Anexo 3. Alambre ASTM A228 diámetro 1.10 mm utilizado para realizar el corte ladrillo.



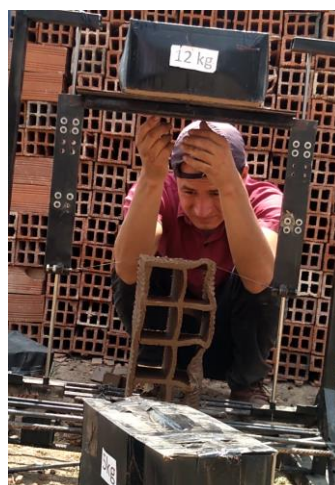
Anexo 4. Fuerza de corte ladrillo King Kong estándar.



Anexo 5. Fuerza de corte ladrillo techo 12.



Anexo 6. Fuerza de corte ladrillo techo 15.



Anexo 7. Fuerza de corte ladrillo pandereta.



Anexo 8. Cilindro neumático de corte.

Cilindro normalizado DSBC-80-400-PPSA-N3

Número de artículo: 1383376

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Carrera	400 mm
Diámetro del émbolo	80 mm
Rosca del vástago	M20x1,5
Amortiguación	Amortiguación neumática autorregulable de fin de recorrido
Posición de montaje	Cualquiera
Conforme a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Forma constructiva	Émbolo Vástago Camisa perfilada
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Símbolo	00992970
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0.04 MPa ... 1.2 MPa
Presión de funcionamiento	0.4 bar ... 12 bar
Modo de funcionamiento	Doble efecto
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Clase de resistencia a la corrosión CRC	2 - riesgo de corrosión moderado
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L
Temperatura ambiente	-20 °C ... 80 °C
Energía de impacto en las posiciones finales	1.8 J
Longitud de amortiguación	31 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retorno	2721 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	3016 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	810 g
Aumento masa móvil por 10 mm de carrera	39 g
Peso básico con carrera de 0 mm	2660 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	92 g
Tipo de fijación	A elegir: Con rosca interior Con accesorios
Conexión neumática	G3/8
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de la tapa	Fundición inyectada de aluminio, recubierta
Material de la junta del émbolo	TPE-U (PU)

Anexo 9. Cilindro neumático de posicionamiento.

Cilindro normalizado DSBC-40-320-D3-PPSA-N3

Número de artículo: 3660774

FESTO



Hoja de datos

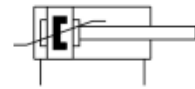
Característica	Valor
Carrera	320 mm
Diámetro del émbolo	40 mm
Rosca del vástago	M12x1,25
Amortiguación	Amortiguación neumática autorregulable de fin de recorrido
Posición de montaje	Cualquiera
Conforme a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Forma constructiva	Émbolo Vástago Camisa perfilada
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Símbolo	00992970
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0.06 MPa ... 1.2 MPa
Presión de funcionamiento	0.6 bar ... 12 bar
Modo de funcionamiento	Doble efecto
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Clase de resistencia a la corrosión CRC	2 - riesgo de corrosión moderado
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L
Temperatura ambiente	-20 °C ... 80 °C
Energía de impacto en las posiciones finales	0.7 J
Longitud de amortiguación	19 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retorno	633 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	754 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	205 g
Aumento masa móvil por 10 mm de carrera	16 g
Peso básico con carrera de 0 mm	768 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	49 g
Tipo de fijación	A elegir: Con rosca interior Con accesorios
Conexión neumática	G1/4
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de la tapa	Fundición inyectada de aluminio, recubierta
Material de la junta del émbolo	TPE-U (PU)

Anexo 10. Cilindro neumático de sujeción de ladrillo.

Cilindro normalizado DSBC-50-40-PPSA-N3

Número de artículo: 1376304

FESTO



Hoja de datos

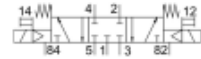
Característica	Valor
Carrera	40 mm
Diámetro del émbolo	50 mm
Rosca del vástago	M16x1,5
Amortiguación	Amortiguación neumática autorregulable de fin de recorrido
Posición de montaje	Cualquiera
Conforme a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Forma constructiva	Émbolo Vástago Camisa perfilada
Detección de posición	Para sensor de proximidad
Símbolo	00992970
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0.04 MPa ... 1.2 MPa
Presión de funcionamiento	0.4 bar ... 12 bar
Modo de funcionamiento	Doble efecto
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Clase de resistencia a la corrosión CRC	2 - riesgo de corrosión moderado
Conformidad PWIS	VDMA24364-B1/B2-L
Clase de sala limpia	Clase 6 según ISO 14644-1
Temperatura ambiente	-20 °C ... 80 °C
Energía de impacto en las posiciones finales	1 J
Longitud de amortiguación	22 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retorno	990 N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	1178 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	365 g
Aumento masa móvil por 10 mm de carrera	25 g
Peso básico con carrera de 0 mm	1190 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	56 g
Tipo de fijación	A elegir: Con rosca interior Con accesorios
Conexión neumática	G1/4
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de la tapa	Fundición inyectada de aluminio, recubierta

Anexo 11. Electroválvula VUVS.

Electroválvula VUVS-L25-P53C-MD-G14-F8

Número de artículo: 575523

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Función de la válvula	5/3 normalmente cerrada
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Tamaño de válvula	26.5 mm
Caudal nominal normal	1200 l/min
Conexión neumática de utilización	G1/4
Presión de funcionamiento	0.25 MPa ... 1 MPa
Presión de funcionamiento	2.5 bar ... 10 bar
Forma constructiva	Corredera del émbolo
Tipo de reposición	Muelle mecánico
Certificación	c UL us - Recognized (OL)
Clasificación marítima	Véase el certificado
Organismo que expide el certificado	DNVGL-TAA000011J
Diámetro nominal	6.5 mm
Función de escape	Estrangulable
Principio de sellado	Blando
Posición de montaje	Cualquiera
Accionamiento manual auxiliar	Con enclavamiento Sin enclavamiento
Tipo de control	Servopilotado
Alimentación del aire de pilotaje	Interno
Sentido de flujo	No reversible
Símbolo	00991033
Superposición	Superposición positiva
Valor b	0.4
Valor C	5.2 l/sbar
Tiempo de conmutación OFF	42 ms
Tiempo de conmutación ON	13 ms
Tiempo de conmutación um	26 ms
Impulso de control positivo máximo con señal 0	2000 µs
Máx. impulso de prueba negativo con señal 1	3600 µs
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Resistencia a las vibraciones	Control para el transporte con grado de severidad 2 según FN 942017-4 y EN 60068-2-6
Resistencia a los golpes	Control de impactos con grado de severidad 2, según FN 942017-5 y EN 60068-2-27

Anexo 12. Bobina magnética VACF.

Bobina magnética VACF-B-C1-3W

Número de artículo: 8030817

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Posición de montaje	Cualquiera
Tiempo de conexión	100%
Clase de aislamiento	H
Valores característicos de las bobinas	230/240 V AC: 50/60 Hz, potencia de arranque de 5,8 VA, potencia de retención de 4,6 VA
Resistencia a los picos de tensión	4 kV
Grado de ensuciamiento	3
Fluctuaciones de tensión admisibles	+/- 10 %
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de baja tensión de la UE
Clase de resistencia a la corrosión CRC	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura del medio	-20 °C ... 50 °C
Grado de protección	IP65
Temperatura ambiente	-20 °C ... 50 °C
Peso del producto	51.1 g
Conexión eléctrica	Forma C Según EN 175301-803
Tipo de fijación	Con tuerca moleteada
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material del cuerpo	PA Acero
Material de la bobina magnética	Cobre Acero Termoplástico
Material del devanado	Cobre

Anexo 13. Silenciador U-1/4.

Silenciador U-1/4

Número de artículo: 2316

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Posición de montaje	Cualquiera
Símbolo	00991473
Presión de funcionamiento	0 bar ... 10 bar
Caudal contra atmósfera	3300 l/min
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Puede emplearse con aire comprimido lubricado
Nivel de presión acústica	76 dB(A)
Temperatura ambiente	-10 °C ... 70 °C
Peso del producto	7.7 g
Conexión neumática	G1/4
Material del inserto amortiguador	PE
Nota sobre el material	Sin cobre ni PTFE Conformidad con la Directiva RoHS

Anexo 14. Conector tipo zócalo.

Conector tipo zócalo con cable KMEB-1-230AC-2.5

Número de artículo: 151690

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Tipo de fijación	En electroválvula con tornillo central M2,5
Posición de montaje	Cualquiera
Peso del producto	125 g
Conexión eléctrica	3 pines Zócalo acodado Forma C según DIN NE 175301-803
Tensión nominal de funcionamiento AC	230 V
Conexión a conductor protector	Presente
Longitud del cable	2.5 m
Diámetro del cable	5.2 mm
Estructura de cable	3 x 0,5 mm ²
Grado de protección	IP65 Según IEC 60529
Temperatura ambiente	-20 °C ... 80 °C
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según la Directiva de baja tensión de la UE
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Material de la cubierta aislante del cable	PVC
Material del cuerpo	PA66-GF30
Material de los contactos crimp	Bronce

Anexo 15. Racor rápido QS-G 1/4-10.

Racor rápido roscado QS-G1/4-10

Número de artículo: 186101

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Tamaño	Estándar
Diámetro nominal	8,5 mm
Tipo de junta en el pivote atornillado	Anillo de junta
Posición de montaje	Cualquiera
Tamaño del depósito	10
Forma constructiva	Principio Push-pull
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	-0,95 bar ... 6 bar
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0,95 bar ... 14 bar
Clasificación marítima	Véase el certificado
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:-:-] Agua según declaración del fabricante en www.festo.com
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Puede emplearse con aire comprimido lubricado
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Temperatura ambiente	-10 °C ... 80 °C
Par de apriete nominal	9 Nm
Tolerancia para el par de apriete nominal	± 20 %
Peso del producto	21 g
Conexión neumática 1	Rosca exterior G1/4
Conexión neumática 2	Para tubo flexible con diámetro exterior 10 mm
Color del anillo extractor	Azul
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material del cuerpo	Latón Niquelado
Material del anillo extractor	POM
Material de la junta del tubo flexible	NBR
Material del segmento de aprisionamiento del tubo flexible	Acero inoxidable de alta aleación

Anexo 16. Distribuidor múltiple QSL V3 G 1/2-12.

Distribuidor múltiple QSLV3-G1/2-12

Número de artículo: 186242

FESTO



Hoja de datos

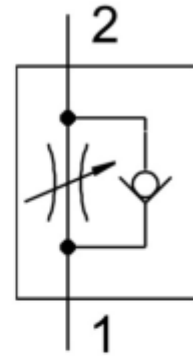
Característica	Valor
Tamaño	Estándar
Diámetro nominal	6.5 mm
Tipo de junta en el pivote atornillado	Anillo de junta
Posición de montaje	Cualquiera
Forma constructiva	Principio Push-pull
Tamaño del depósito	1
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	-0.95 bar ... 6 bar
Presión de funcionamiento en función de la temperatura	-0.95 bar ... 14 bar
Clasificación marítima	Véase el certificado
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:--] Agua según declaración del fabricante en www.festo.com
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Puede emplearse con aire comprimido lubricado
Clase de resistencia a la corrosión CRC	1 - riesgo de corrosión bajo
Temperatura ambiente	-10 °C ... 80 °C
Par de apriete nominal	26 Nm
Tolerancia para el par de apriete nominal	± 20 %
Peso del producto	171 g
Número de salidas	3
Cantidad de alimentaciones	1
Conexión neumática 1	Rosca exterior G1/2
Conexión neumática 2	Para tubo flexible con diámetro exterior de 12 mm
Color del anillo extractor	Azul
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material del cuerpo	PBT
Material del anillo extractor	POM
Material de la junta del tubo flexible	NBR
Material del segmento de aprisionamiento del tubo flexible	Acero inoxidable de alta aleación

Anexo 17. Válvula de estrangulación y antirretorno GRLA-3/8-QS-10-D.

Válvula de estrangulación y antirretorno GRLA-3/8-QS-10-D

Número de artículo: 193151

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Función de la válvula	Función de estrangulación y antirretorno del aire de escape
Conexión neumática 1	QS-10
Conexión neumática 2	G3/8
Elemento de ajuste	Tornillo de cabeza ranurada
Tipo de fijación	Enroscable
Caudal nominal normal en sentido de estrangulación	900 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del antirretorno	540 l/min ... 975 l/min
Temperatura ambiente	-10 °C ... 60 °C
Clasificación marítima	Véase el certificado
Posición de montaje	Cualquiera
Símbolo	00991452
Presión de funcionamiento en todo el margen de temperatura	0,2 bar ... 10 bar
Caudal normal en sentido de la estrangulación 6 -> 0 bar	1400 l/min
Caudal normal en sentido del antirretorno 6 -> 0 bar	1160 l/min ... 1620 l/min
Medio de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Nota sobre el medio de trabajo/mando	Admite funcionamiento con lubricación (lo cual requiere seguir utilizándolo)
Temperatura del medio	-10 °C ... 60 °C
Par de apriete nominal	10 Nm
Tolerancia para el par de apriete nominal	± 10 %
Peso del producto	60 g
Material del pivote atornillado	Aleación de forja de aluminio
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS
Material de las juntas	NBR
Material del anillo extractor	POM
Material del tornillo de regulación	Latón
Material de la junta basculante	Fundición inyectada de cinc Cromado

Anexo 18. Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2.5-0E.

Sensor de proximidad SMT-8M-A-PS-24V-E-2,5-0E

Número de artículo: 574335

FESTO



Hoja de datos

Característica	Valor
Forma constructiva	Para ranura en T
Basado en la norma	EN 60947-5-2
Símbolo	00991152
Certificación	RCM c UL us - Listed (DL)
Marcado CE (véase la declaración de conformidad)	Según Directiva de máquinas CEM de la UE Según la Directiva RoHS de la UE
Marcado UKCA (véase la declaración de conformidad)	según la normativa del Reino Unido sobre CEM según la normativa RoHS del Reino Unido
Símbolo KC	KC-CEM
Organismo que expide el certificado	UL E232949
Características especiales	Resistente al aceite
Nota sobre el material	Conformidad con la Directiva RoHS Sin halógenos
Nota sobre la utilización	Asistencia/Vista general del sensor del actuador *El sensor adecuado para el actuador*
Magnitud de medición	Posición
Principio de medición	Magnetorresistivo
Temperatura ambiente	-40 °C ... 85 °C
Precisión de repetición	0.2 mm
Salida	PNP
Función del elemento de conmutación	Normalmente abierto
Tiempo de conexión	≤1.3 ms
Tiempo de desconexión	≤1.4 ms
Frecuencia de conmutación máx.	180 Hz
Corriente de salida máx.	100 mA
Corriente de salida máxima en kits de fijación	100 mA
Potencia máx. de conmutación DC	2.8 W
Potencia de conmutación máxima DC en los kits de fijación	2.8 W
Caída de tensión	<1.5 V
Resistencia a cortocircuitos	sí
Resistencia a sobrecargas	Presente
Cálculo de tensión de funcionamiento DC	24 V
Margen de tensiones de servicio DC	5 V ... 30 V
Protección contra inversión de polaridad	Para todas las conexiones eléctricas
Conexión eléctrica 1, tipo de conexión	Cable
Conexión eléctrica 1, técnica de conexión	Extremo abierto

Anexo 19. Piloto luminoso led verde.

ACSA

STECK

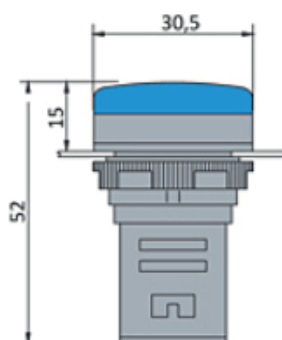
FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO Características



PILOTO LUMINOSO LED VERDE 220VAC/VDC, 22MM
SLDS220/1 STECK IM

Norma:	GB14048.5-1993
Grado de Protección:	IP65
luminación (cd/m ²):	≥ 60
Vida útil eléctrica (horas):	≥ 30000
Color:	Verde
Tensión V~:	220 (AC)

COD. 24479



Anexo 20. Encoder incremental Eltra serie EL/ER-50.



EL - ER 58 B / C / H / T SOLID SHAFT INCREMENTAL ENCODER



Specifications

Standard \varnothing 58 mm encoder series for industrial applications with high mechanical resistance requirements. These encoders are designed to support high radial and axial shaft load and they can be mounted by means of flanges or fixing clamps.

- 3 channel encoder (A / B / Z) up to 24000 ppr
- Power supply up to +28 VDC with several electronic interfaces available
- Up to 500 kHz output frequency
- Cable or connector output
- Available with metal cover for heavy duty applications
- Solid shaft diameter up to 12 mm
- Mounting by synchronous, clamping or coupling flange

ORDERING CODE	ER	58C	M*	500	S	5/28	N	8	X	6	P	R	.XXX
SERIES													
incremental encoder series EL													
incremental encoder series ER													
MODEL													
synchronous flange \varnothing 50 mm		58B											
clamping flange \varnothing 38 mm		58C											
clamping flange \varnothing 50 mm		58H											
coupling flange \varnothing 40 mm		58T											
METAL COVER													
* add for the metal cover			M										
RESOLUTION													
ppr from 1 to 24000													
see table for pulses availability													
ZERO PULSE													
without zero pulse													
with zero pulse													
POWER SUPPLY													
(with L electronic interface) 5 V DC													
(with L or PC electronic interface) 5 ... 24 V DC													
5 ... 28 V DC													
ELECTRONIC INTERFACE													
NPN													
NPN open collector													
push-pull													
push-pull protected (AEIO-7272)													
PC													
line driver													
L													
power supply 5/28V - output RS-422													
SHAFT DIAMETER													
(mod. B) mm													
6													
(mod. C) mm													
8													
(mod. B / C / H) 9,52 (3/8") mm													
9													
mm													
10													
(mod. T) mm													
12													
ENCLOSURE RATING													
IP 54													
X													
IP 66													
S													
MAX ROTATION SPEED													
(IP 66) 3000 rpm													
3													
(IP 54) 6000 rpm													
6													
OUTPUT TYPE													
cable (standard length 1,5 m)													
F													
MIL connector													
M													
JIC-C-5452 connector													
J													
M12 connector													
M12													
M23 connector													
M23													
IP40 IEC 60130-9 connector													
C													
female connector included, without female please add 162 as variant code													
DIRECTION TYPE													
axial													
A													
radial													
R													
VARIANT													
custom version													
XXX													



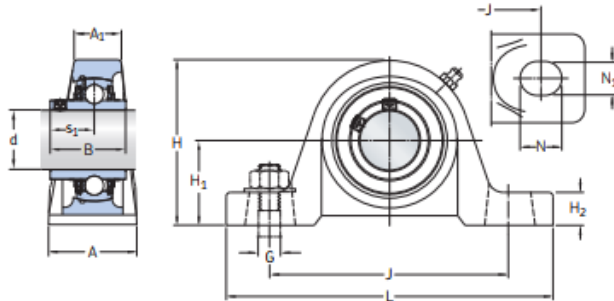
tel: +421 552 601 099
e-mail: info@eltra-trade.com

Anexo 21. Propiedades de la chumacera UCP204-12.

Unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie, fijación con prisioneros, ejes en pulgadas

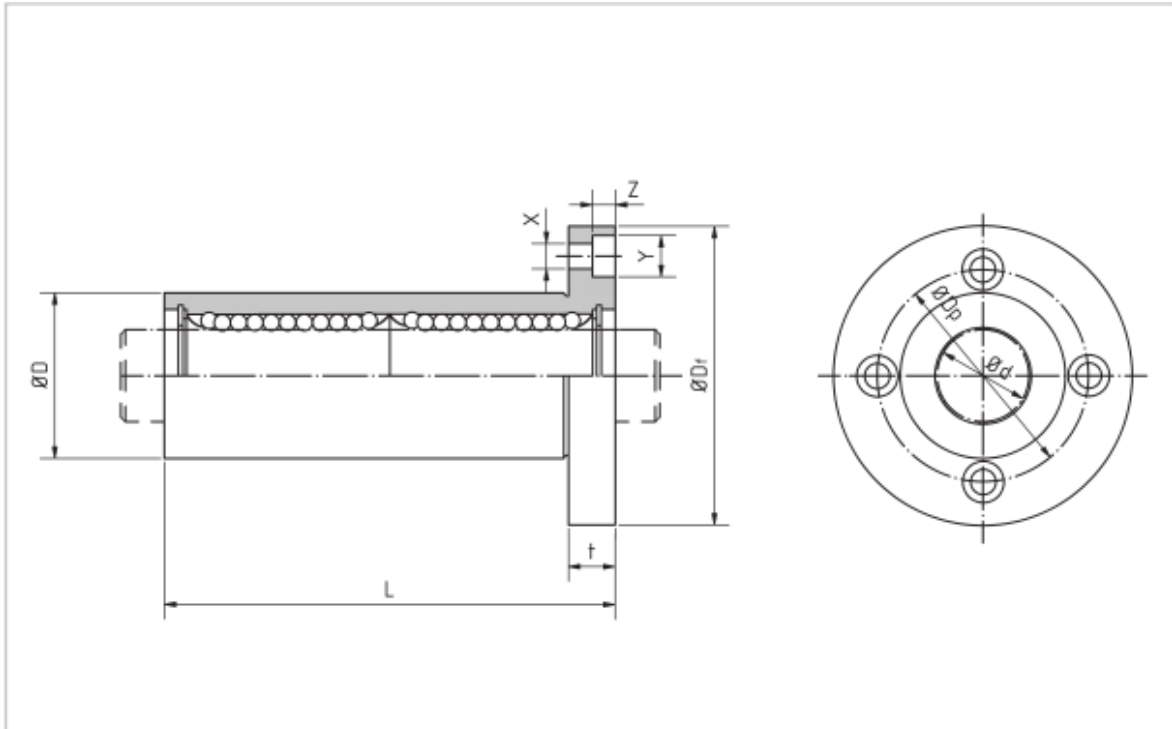
$d \frac{3}{4} - 2 \frac{1}{2}$ pulg.

19,05 - 63,5 mm



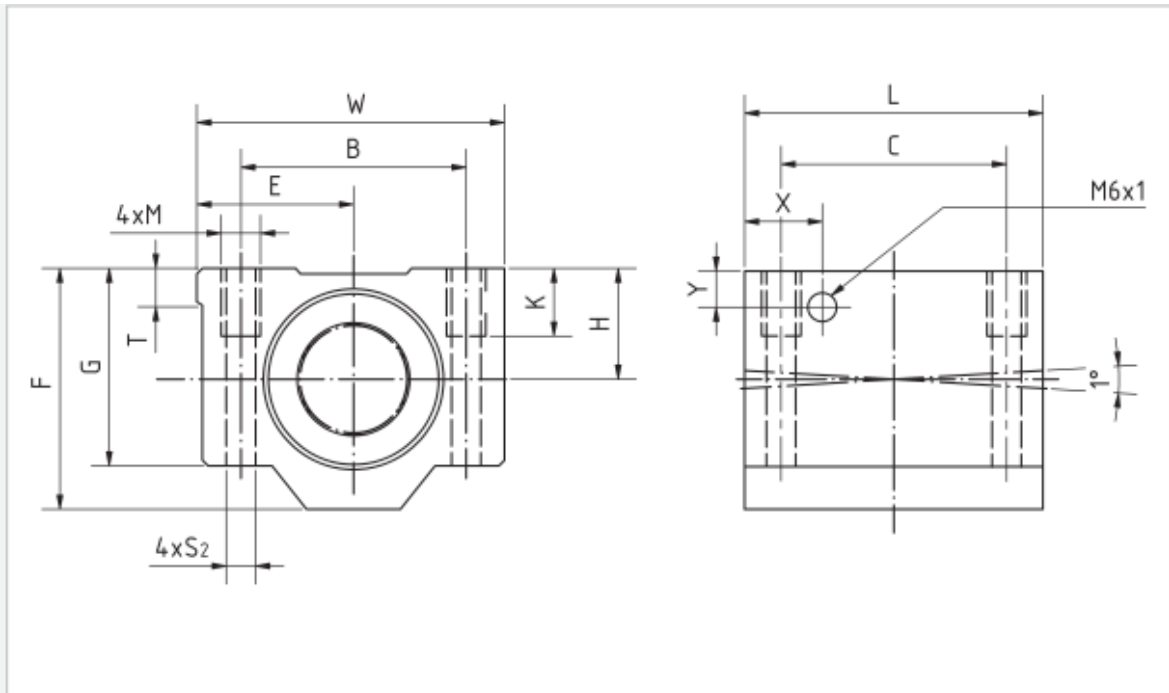
Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designaciones
d	H ₁	J	C	C ₀	P _u	r. p. m.	kg	-
pulg./mm	mm		kN					
$\frac{3}{4}$ 19,05	33,3	95	12,7	6,7	0,285	6 500	0,6	UCP 204-12
$\frac{7}{8}$ 22,225	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,79	UCP 205-14
$\frac{15}{16}$ 23,812	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,77	UCP 205-15
1 25,4	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,76	UCP 205-16
$1 \frac{1}{8}$ 28,575	42,9	121	19,5	11,4	0,48	5 000	1,2	UCP 206-18
$1 \frac{3}{16}$ 30,162	42,9	121	19,5	11,4	0,48	5 000	1,2	UCP 206-19
$1 \frac{1}{4}$ 31,75	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,55	UCP 207-20
$1 \frac{3}{8}$ 34,925	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,5	UCP 207-22
$1 \frac{7}{16}$ 36,512	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,5	UCP 207-23
$1 \frac{1}{2}$ 38,1	49,2	137	32,5	20	0,85	3 750	2,05	UCP 208-24
$1 \frac{3}{4}$ 44,45	54	146	32,5	20,4	0,865	3 400	2,25	UCP 209-28
2 50,8	63,5	171	43,6	29	1,25	3 000	3,75	UCP 211-32
$2 \frac{1}{4}$ 57,15	69,8	184	52,7	36	1,53	2 700	4,8	UCP 212-36
$2 \frac{1}{2}$ 63,5	76,2	203	57,2	40	1,7	2 350	6,35	UCP 213-40

Anexo 22. Características de rodamiento lineal en tándem con brida (redonda).



Dimensiones [mm]			Número de circuitos de bolas	Excen-tricidad máx. [µm]	Desvi-ación angular [µm]	Capaci-dad de carga dinámica [N]	Capaci-dad de carga estática [N]	Par estático admisible My [Nm]	Peso [g]	Referencia			
X	Y	Z								Estándar		Resistente a la corrosión	
										Jaula de plástico	Jaula de acero	Jaula de plástico	Jaula de acero inox
3,5	6	3,1	4	15	15	320	804	4,3	59	BBER8L	BBER8LA	BBERS8L	BBERS8LA
4,5	7,5	4,1	4			683	1 570	12	110	BBER12L	BBER12LA	BBERS12L	BBERS12LA
4,5	7,5	4,1	4			710	1 780	14	160	BBER16L	BBER16LA	BBERS16L	BBERS16LA
5,5	9	5,1	5	17	17	1 440	2 740	25	260	BBER20L	BBER20LA	BBERS20L	BBERS20LA
5,5	9	5,1	6			1 490	3 140	44	540	BBER25L	BBER25LA	BBERS25L	BBERS25LA
6,6	11	6,1	6			2 600	5 490	78	815	BBER30L	BBER30LA	BBERS30L	BBERS30LA
9	14	8,1	6	20	20	3 872	8 040	147	1 805	BBER40L	BBER40LA	BBERS40L	BBERS40LA
9	14	8,1	6			7 701	15 900	396	2 820	BBER50L	BBER50LA	BBERS50L	BBERS50LA
11	17	11,1	6			9 940	20 000	487	4 920	BBER60L	BBER60LA	BBERS60L	BBERS60LA

Anexo 23. Características de rodamiento lineal serie LSET.



Dimensiones [mm]					Capacidad de carga dinámica [N]	Capacidad de carga estática [N]	Peso [g]	Referencia
B	C	M	K	S				
25	20	M4	9	3,3	423	534	59	LSET8UU
29	20	M5	11	4,3	750	935	90	LSET10UU
32	23	M5	11	4,3	1 020	1 290	116	LSET12UU
40	26	M6	13	5,3	1 250	1 550	205	LSET16UU
45	32	M8	18	6,6	2 090	2 630	326	LSET20UU
60	40	M10	22	8,4	3 780	4 720	624	LSET25UU
68	45	M10	22	8,4	5 470	6 810	980	LSET30UU
86	58	M12	26	10,5	6 590	8 230	1670	LSET40UU

Anexo 24. Propiedades del rodillo guía FR40 EU.

SISTEMAS V-LINE / FS RODILLOS GUÍA FR ... EU

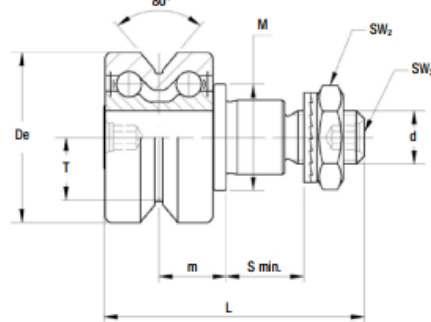
Rodillo guía con rodamiento de bolas
Los laterales de la garganta están ligeramente abombados.



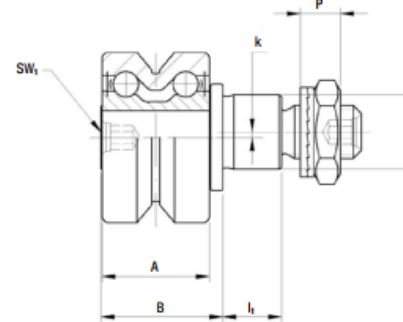
También disponible en
acero inoxidable.



CONCÉNTRICOS



EXCÉNTRICOS



Tipo		Dimensiones (mm)															
concéntricos	excéntricos	De	d ₁ ²⁾	d	T	m	S _{min.}	P	L	A	B	I ₁	M	SW ₁	SW ₂	SW ₂	k
FR 22 EU ¹⁾	FRR 22 EU ¹⁾	22	9	M6 x 1	7.7	9.4	9	6.5	36.8	15	18	8	14	4	10	2.5	0.5
FR 32 EU ¹⁾	FRR 32 EU ¹⁾	32	14	M10 x 1.25	11.8	12.6	12	8.5	48.9	20.2	22.9	11	20	4	17	4	1
FR 40 EU ¹⁾	FRR 40 EU ¹⁾	40	16	M12 x 1.5	14.6	15.5	12	10.4	58.5	25	29.5	11	22	5	19	5	1
FR 52 EU	FRR 52 EU	52	21	M16 x 1.5	19.1	19.8	15	11.4	69.5	32	36.5	14	28	6	24	6	1.5
FR 62 EU	FRR 62 EU	62	27	M20 x 1.5	22.1	20.8	18.5	12.4	80	33.6	39	17.5	35	8	30	8	2

1) FR/R 22, 32, 40 se encuentran disponibles en acero inoxidable (NX).

2) Tolerancia del orificio de fijación en el soporte: H7.

3) FR/R 22 EUNX: VAC para aplicaciones en vacío bajo pedido.

Tipo		Carga dinámica (N)	Cargas límite (N)		Factores de carga		Par de apriete ⁵⁾ (Nm)	Masa (g)
		C ₀ ⁴⁾	Radial F _r	Axial F _a	X	Y		
FR 22 EU	FRR 22 EU	2900	1400	420	1	2	5	45
FR 32 EU	FRR 32 EU	5800	2000	800	1	1.9	20	125
FR 40 EU	FRR 40 EU	8500	3650	1400	1	1.9	26	230
FR 52 EU	FRR 52 EU	11700	8500	3000	1	1.9	64	510
FR 62 EU	FRR 62 EU	13900	11000	3500	1	1.9	120	765

4) C₀ carga base para 100 km.

5) El par de apriete indicado es para roscados no lubricados; para roscados lubricados, multiplicar el valor por 0.8.

- El rodillo de guía está compuesto por una arandela autoblocante y tuerca hexagonal (DIN 439B) para la fijación.
- Ángulo de presión α para el cálculo de verificación: 40°
- Juntas estándar: material NBR, tipo RS.

Anexo 25. Propiedades del electrodo E-7018.

ELECTRODOS
ACERO CARBONO

NAZCA
ELECTRODOS SOLDEXA

Nazca Pro 7018

Electrodo básico de bajo hidrógeno con excelentes características de soldabilidad, fiable para aplicaciones generales y exigentes para aceros dulces y de baja aleación. NAZCA PRO 7018 es un electrodo para cualquier posición que ofrece un arco estable y suave con propiedades mecánicas fiables y homogéneas. Garantiza todas las soldaduras que tenga que realizar, desde la raíz al relleno independientemente del grosor o las condiciones de soldadura del trabajo.

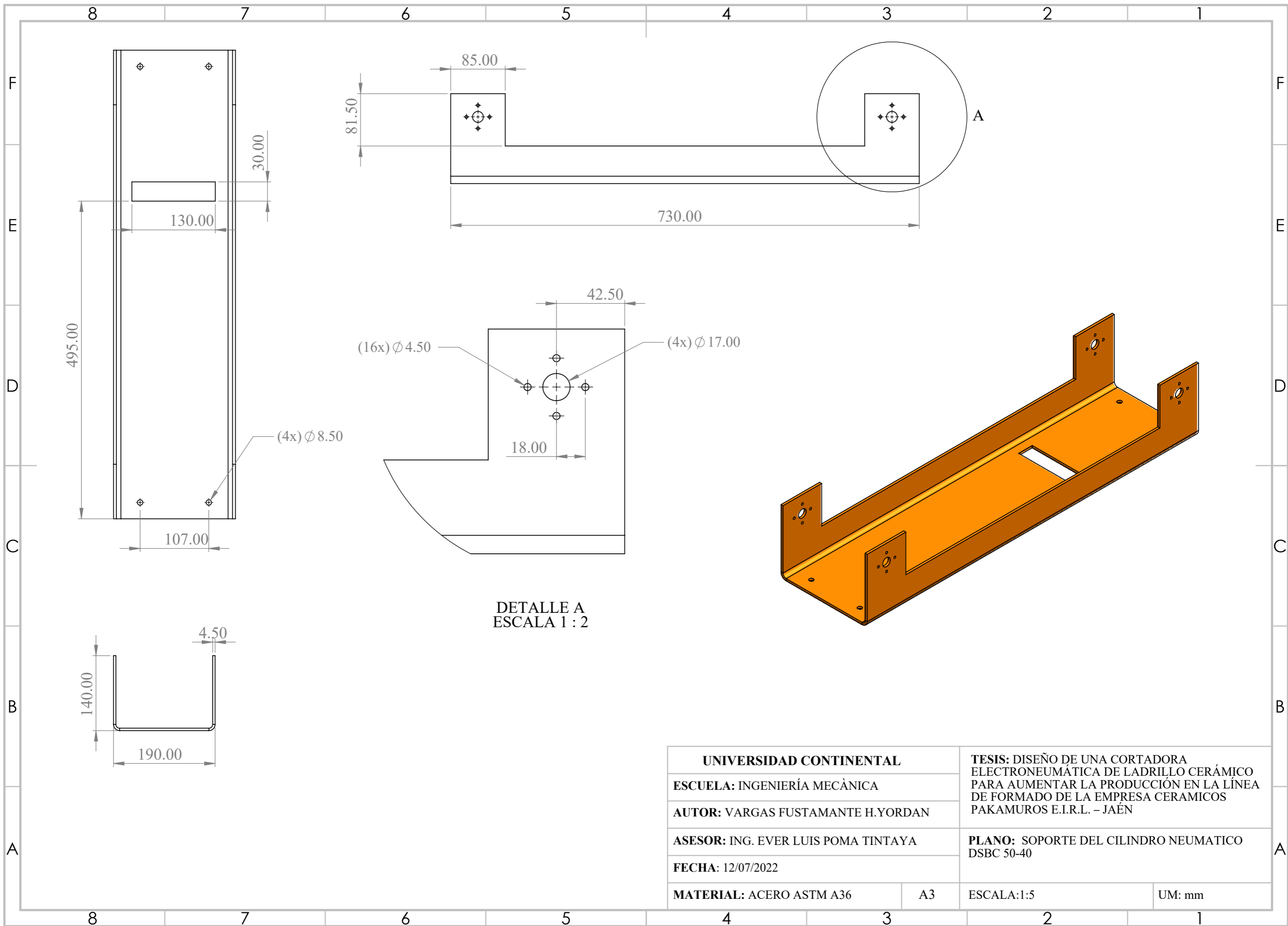
Especificaciones	
Clasificaciones	SFA/AWS A5.1 : E7018

Propiedades típicas de Tensión		
Límite de flujo	Resistencia a la tracción	Alargamiento
500 (min) MPa	570 (min) MPa	27 (min) %

Teste Charpy	
Resultado soldado	Temperatura de prueba - Soldado
88 J	-30 °C

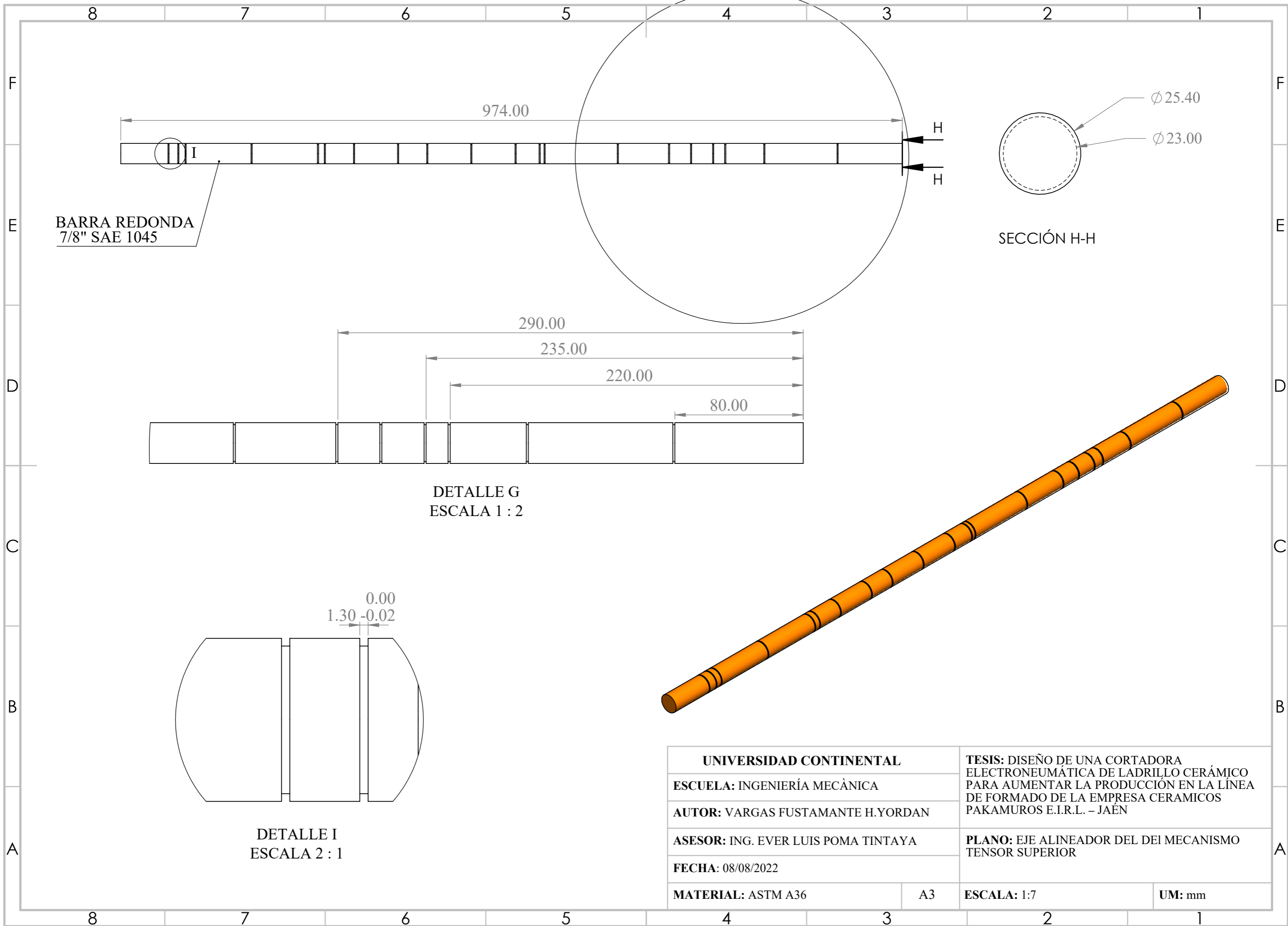
Depósito							
Diámetro	Corriente	Tensión	Kg de soldadura metal / kg electrodos	Cantidad de electrodos / kg de metal de soldadura	Longitud	Tiempo de fusión por electrodo al 90% I max	Tasa de Deposición
2.5 mm	65-105 A	23 V	0.64	67	350 mm	59 sec	1.0 kg/h
3.25 mm	110-150 A	22 V	0.63	42	350 mm	62.4 sec	1.4 kg/h
4.0 mm	140-195 A	26 V	0.68	20	350 mm	101 sec	2.0 kg/h
5.0 mm	185-270 A	26 V	0.72	13	350 mm	106 sec	2.8 kg/h
6.3 mm	210-280 A	26 V	0.77	8	350 mm	110 sec	3.8 kg/h

Anexo 26. Planos.



DETALLE A
ESCALA 1 : 2

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTE DEL CILINDRO NEUMÁTICO DSBC 50-40	
FECHA: 12/07/2022			
MATERIAL: ACERO ASTM A36	A3	ESCALA: 1:5	UM: mm



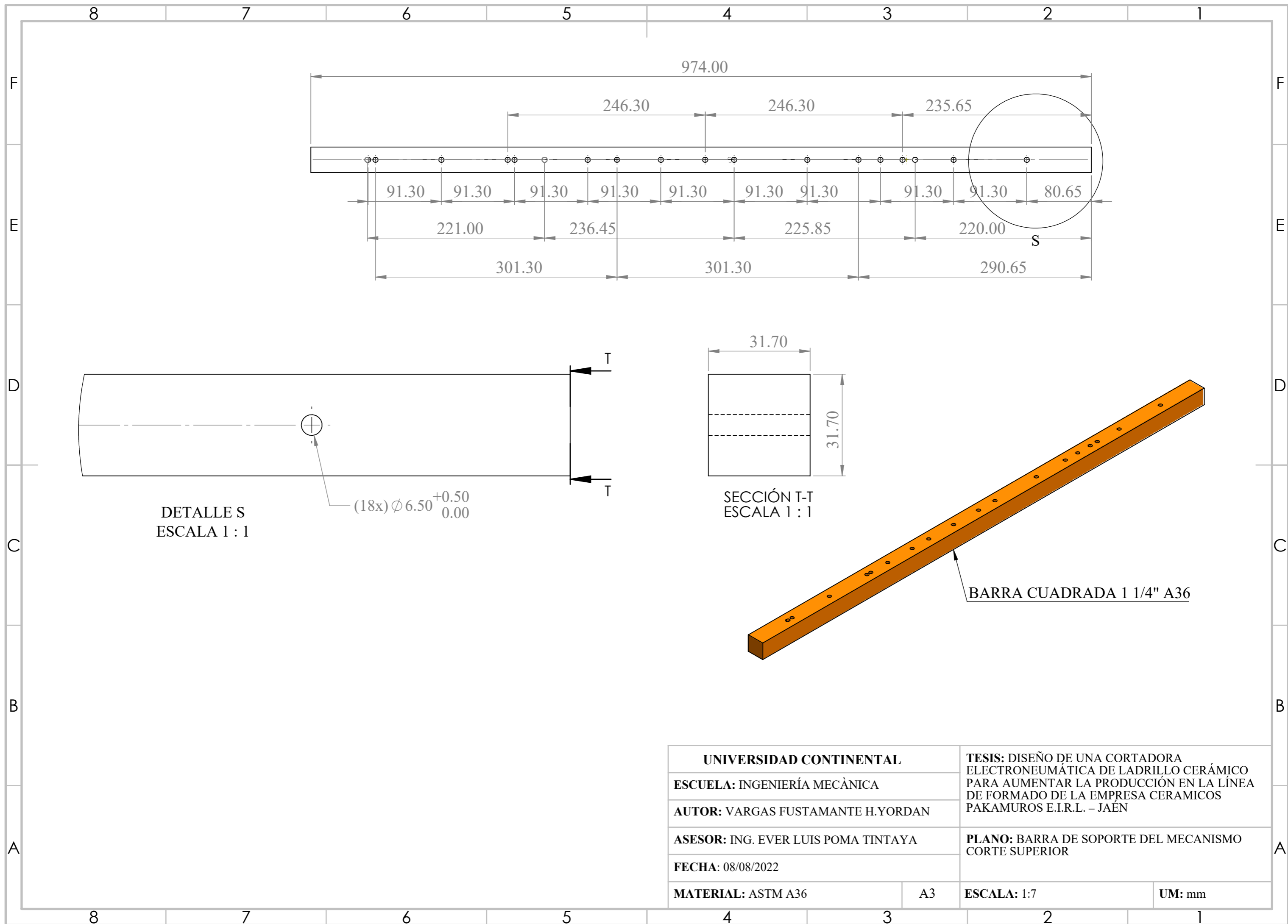
BARRA REDONDA
7/8" SAE 1045

SECCIÓN H-H
 ϕ 25.40
 ϕ 23.00

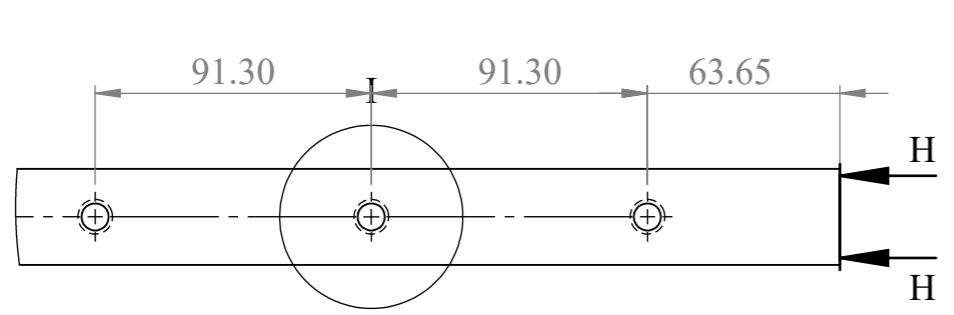
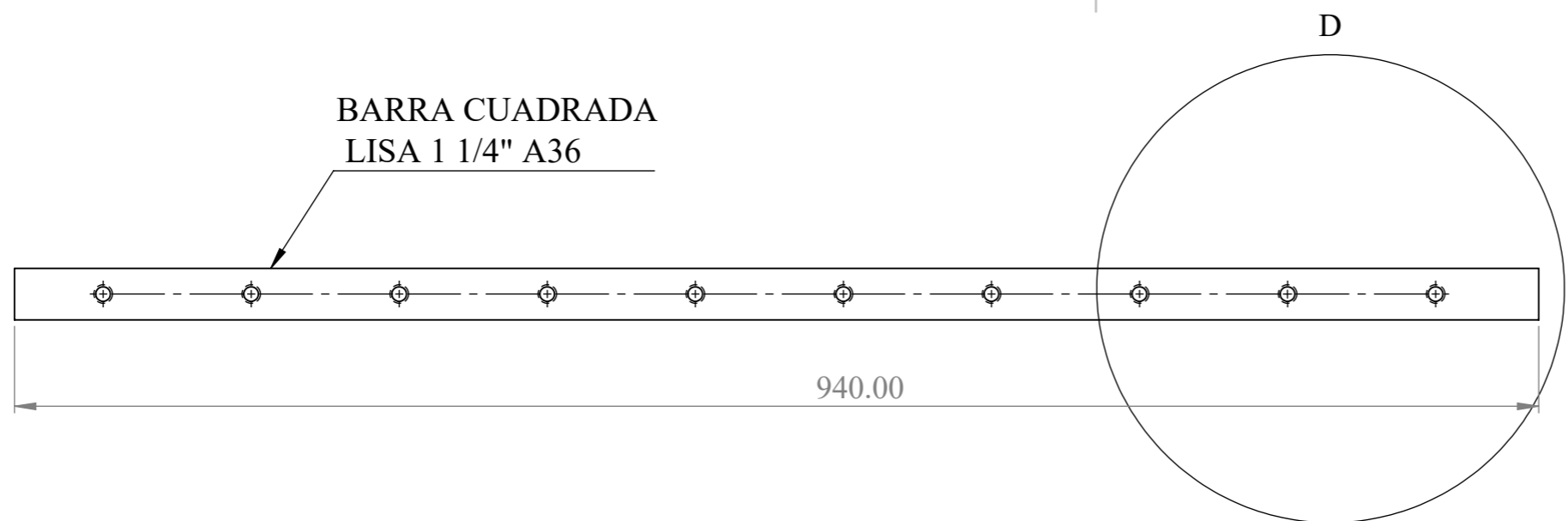
DETALLE G
ESCALA 1 : 2

DETALLE I
ESCALA 2 : 1

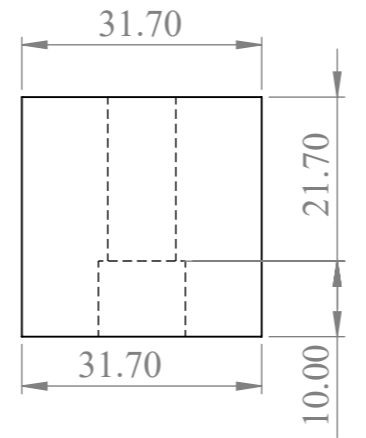
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA		AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN	
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: EJE ALINEADOR DEL DEI MECANISMO TENSOR SUPERIOR	
FECHA: 08/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:7	UM: mm



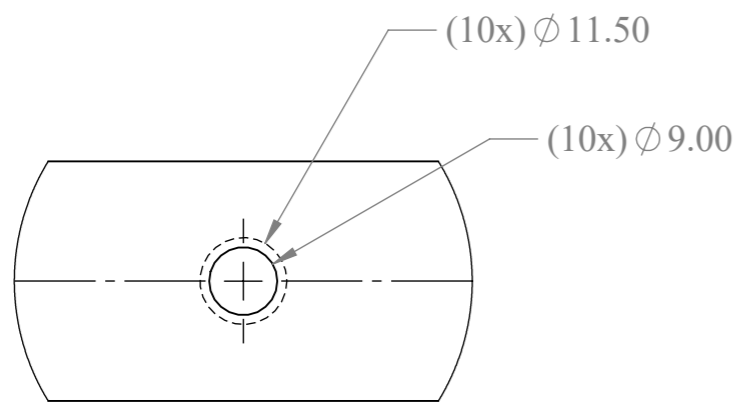
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: BARRA DE SOPORTE DEL MECANISMO CORTE SUPERIOR	
FECHA: 08/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:7	UM: mm



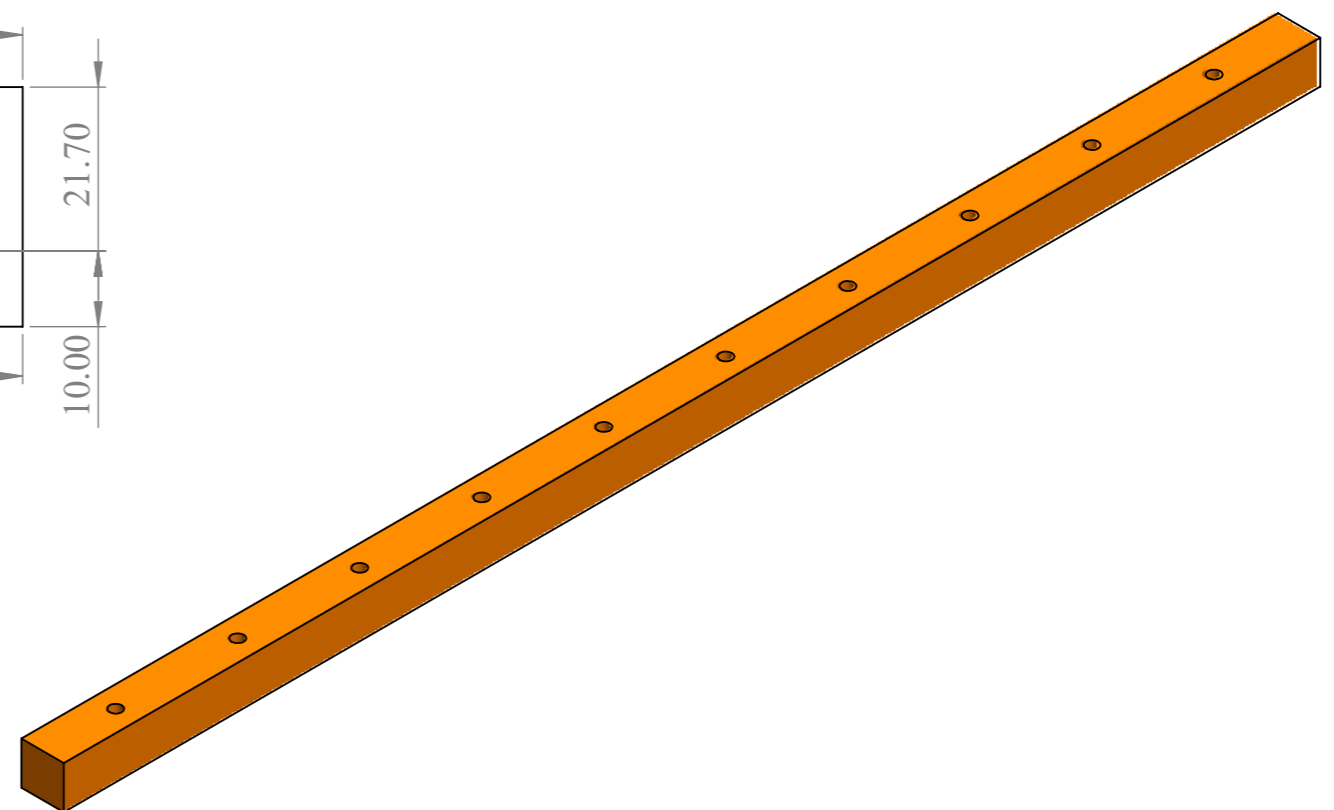
DETALLE D
ESCALA 2 : 5



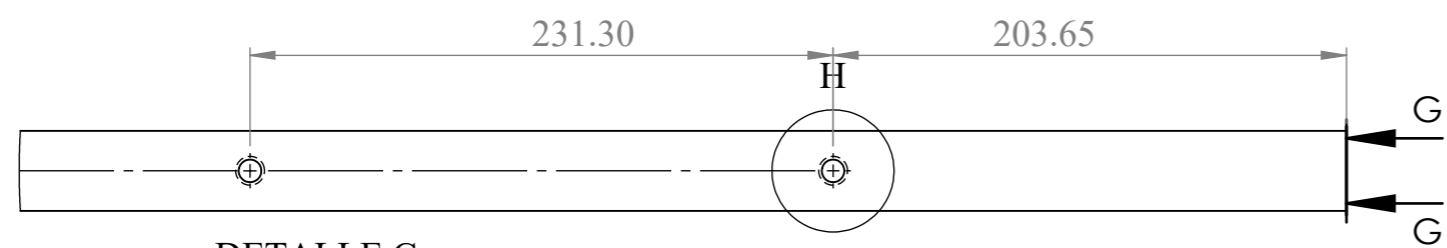
SECCIÓN H-H



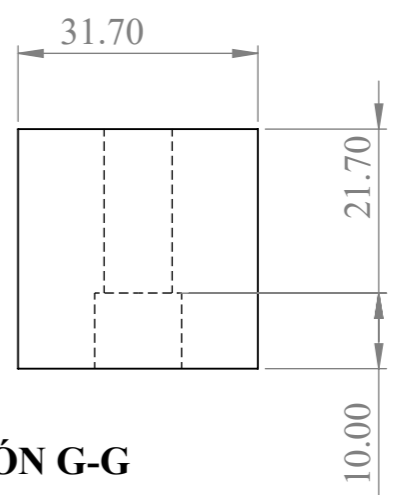
DETALLE I



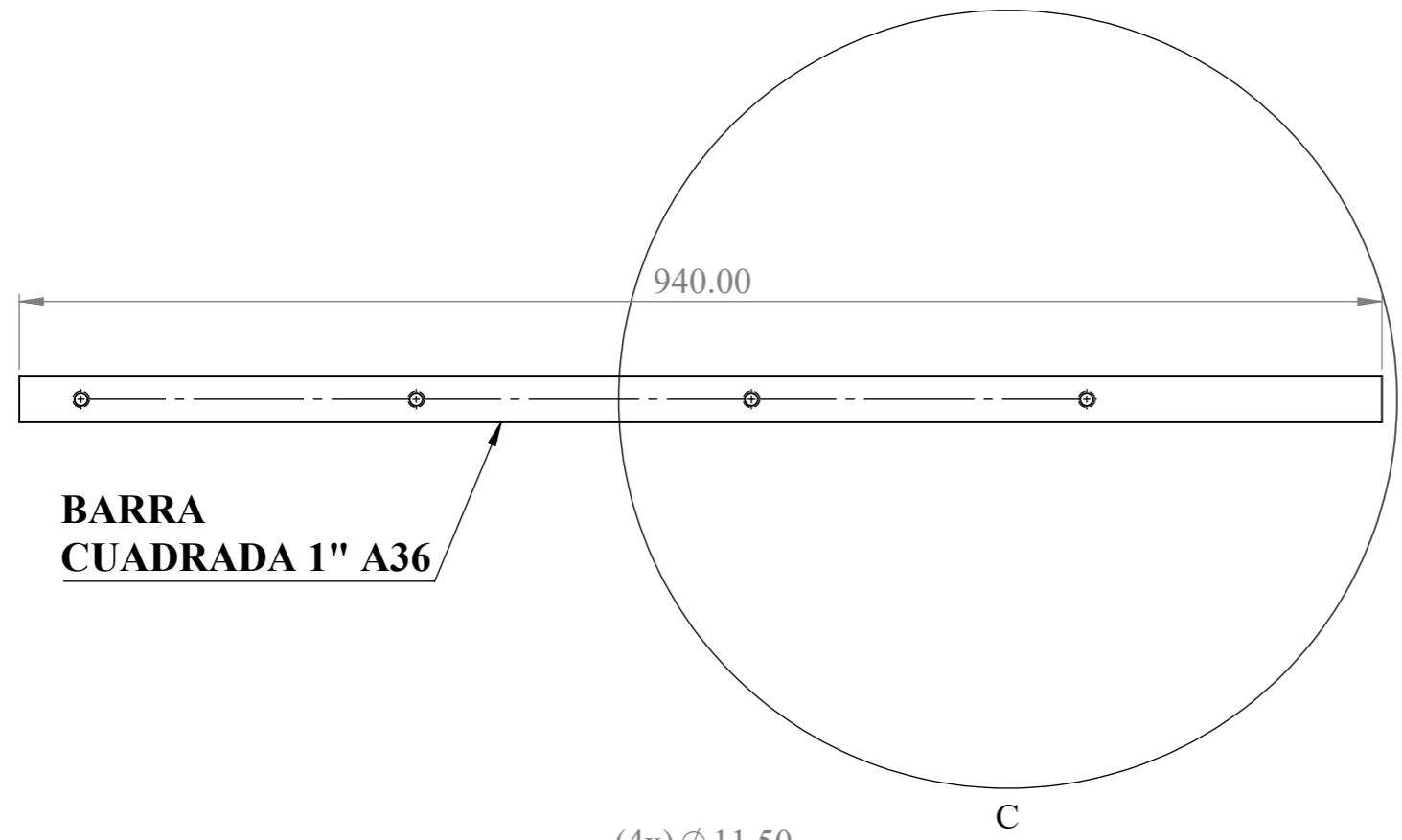
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA		PLANO: BARRA DE SOPORTE DEI MECANISMO TENSOR INFERIOR KING KONG	
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		FECHA: 08/08/2022	
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



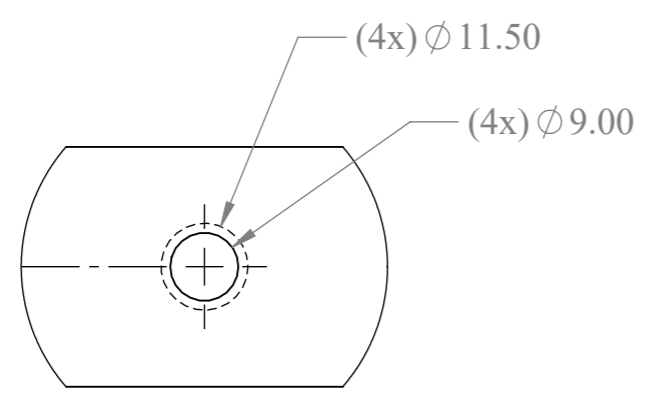
DETALLE C
ESCALA 1 : 3



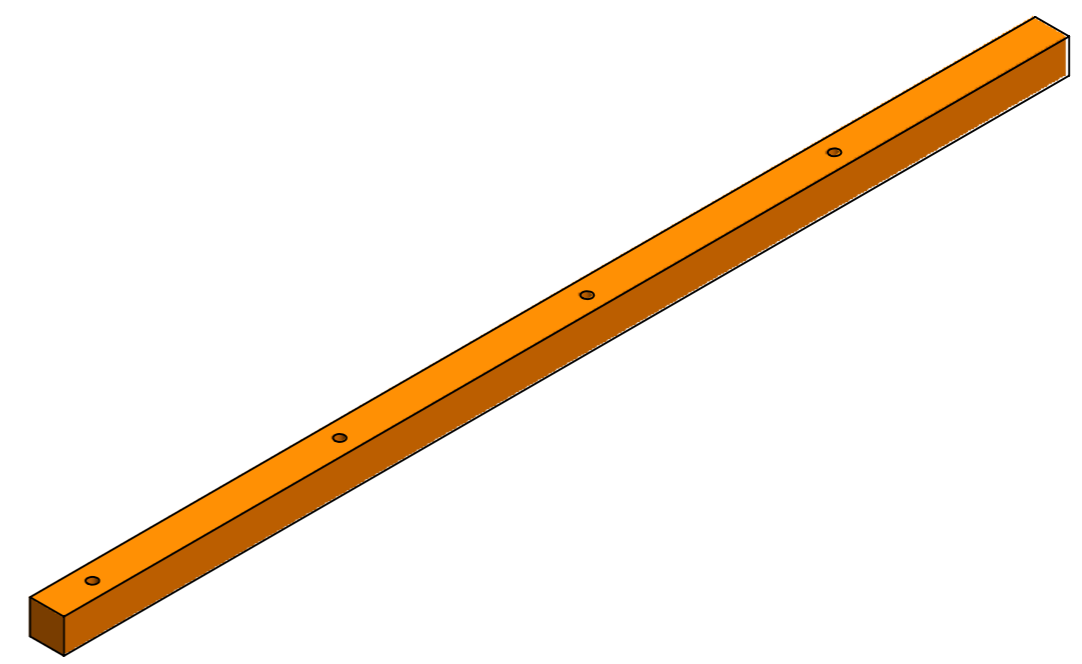
SECCIÓN G-G



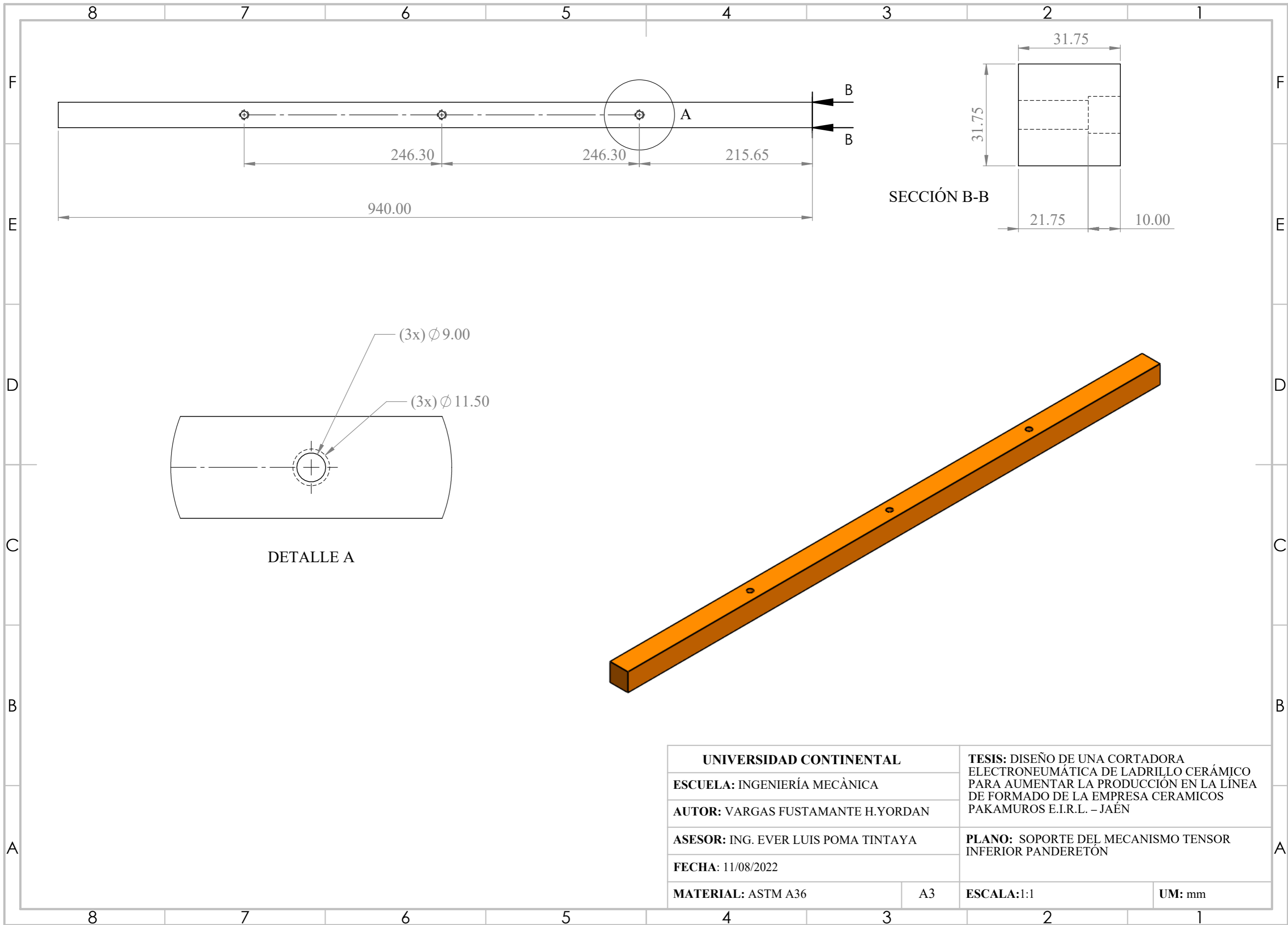
**BARRA
CUADRADA 1" A36**



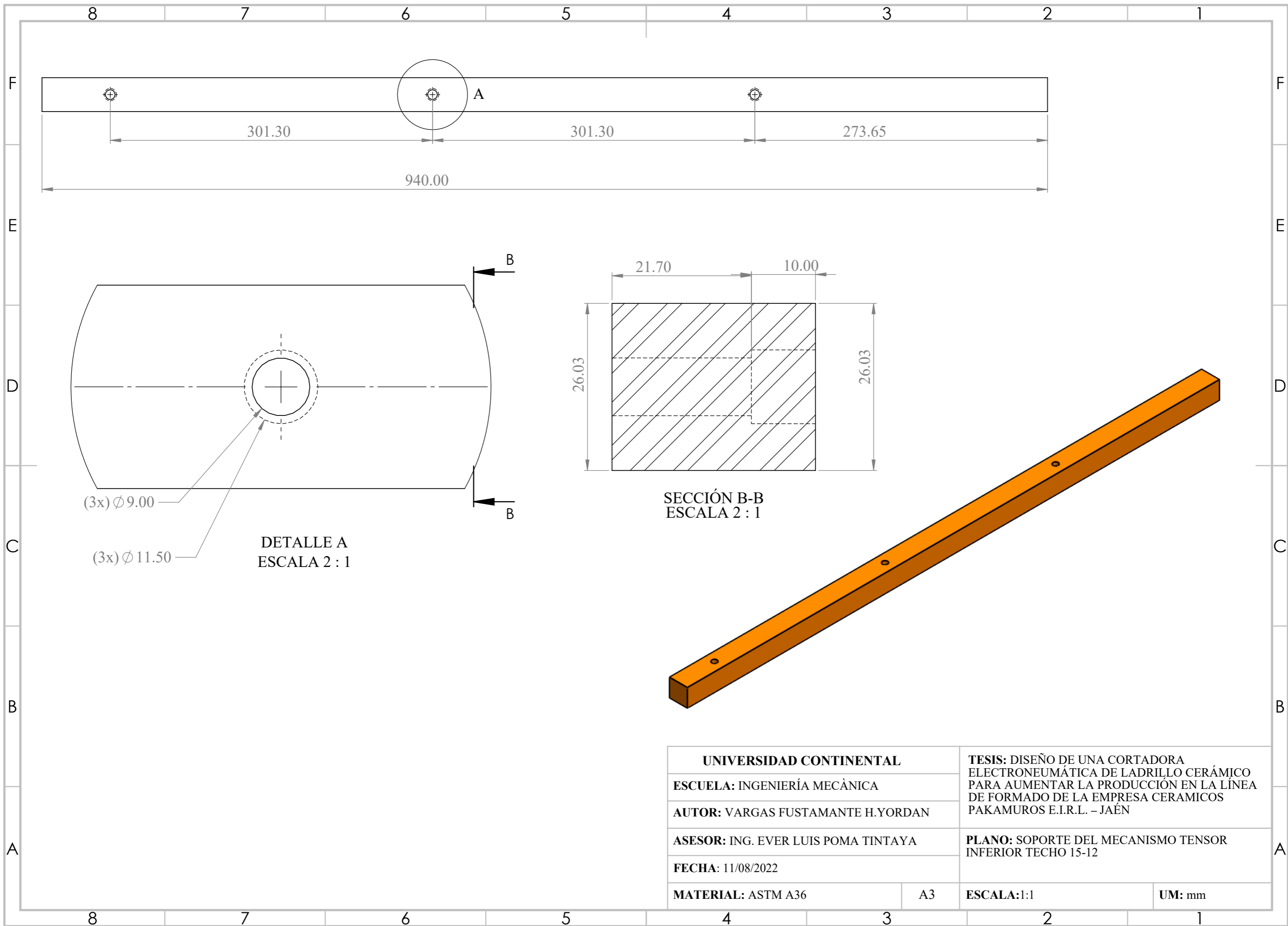
DETALLE H



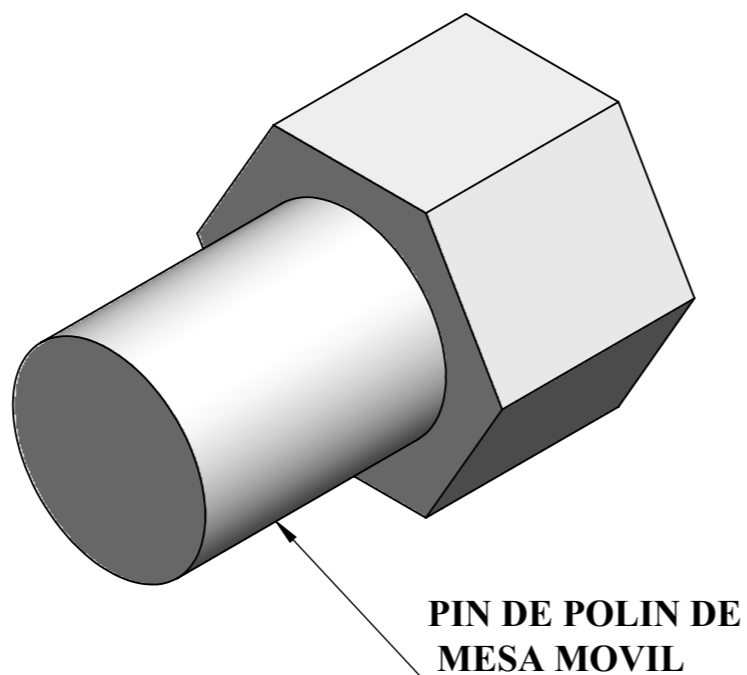
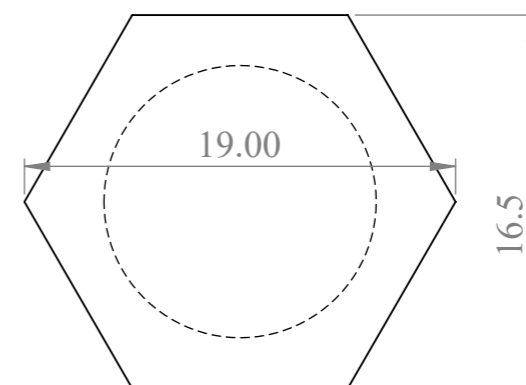
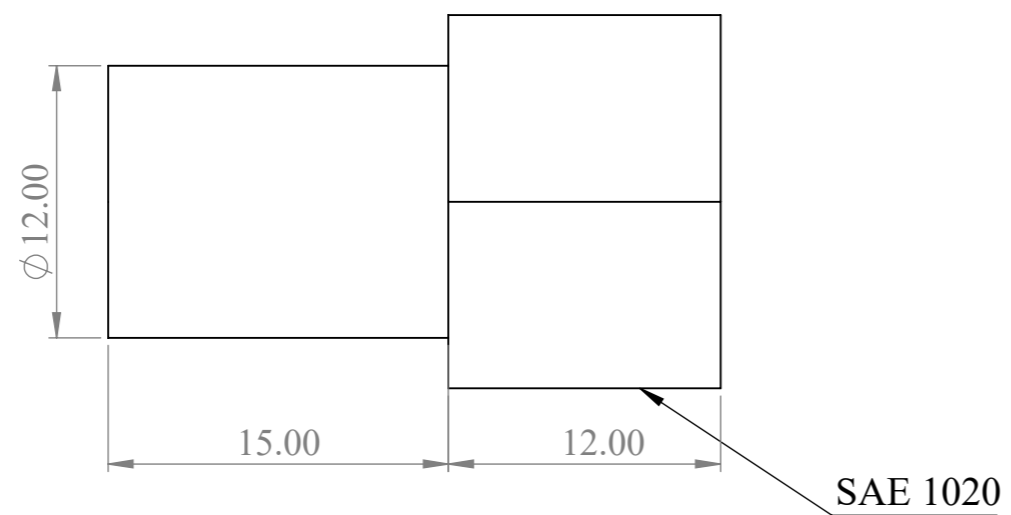
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTE DEL MECANISMO TENSOR INFERIOR - PANDERETA	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



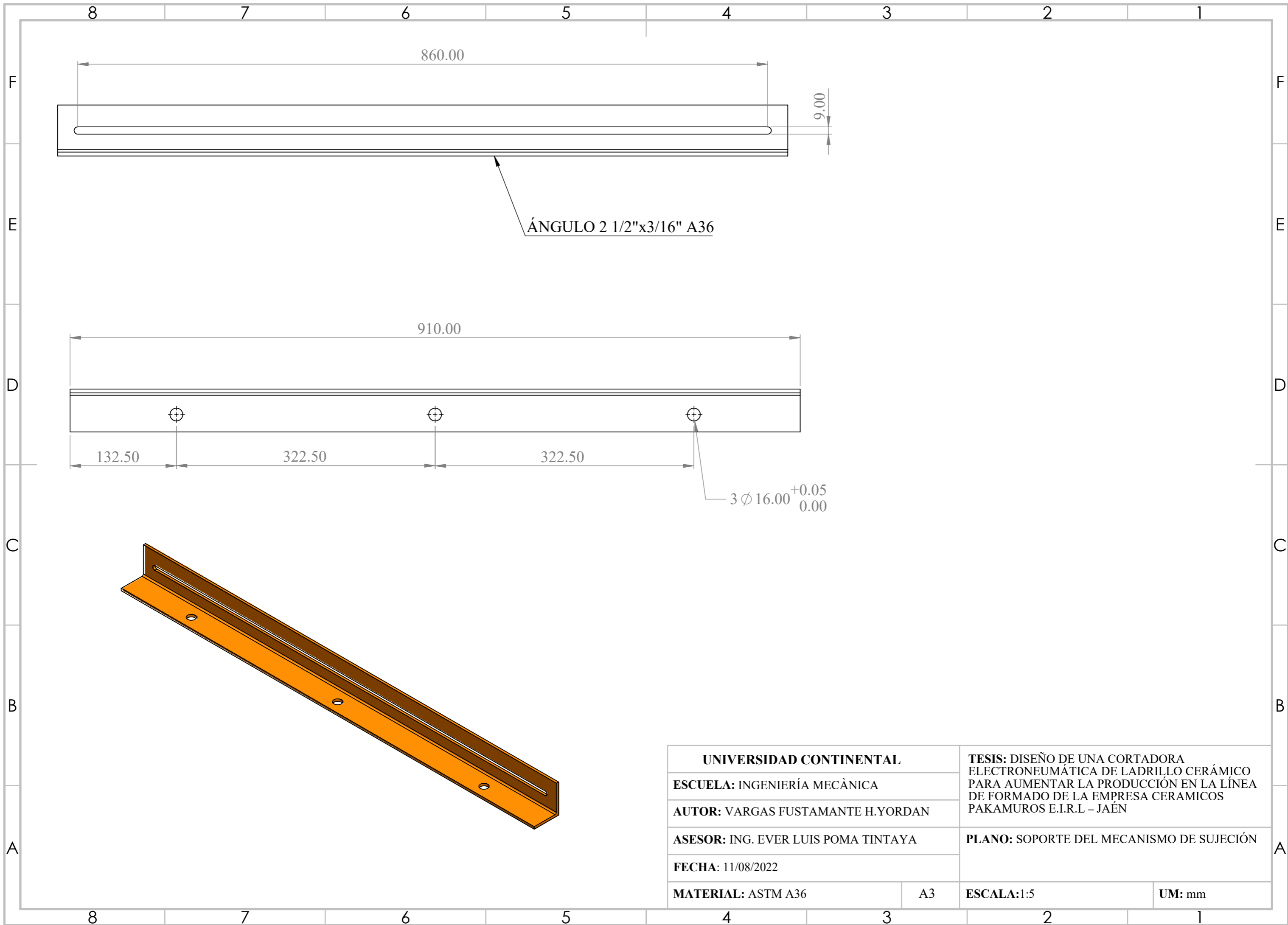
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTE DEL MECANISMO TENSOR INFERIOR PANDERETÓN	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTE DEL MECANISMO TENSOR INFERIOR TECHO 15-12	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



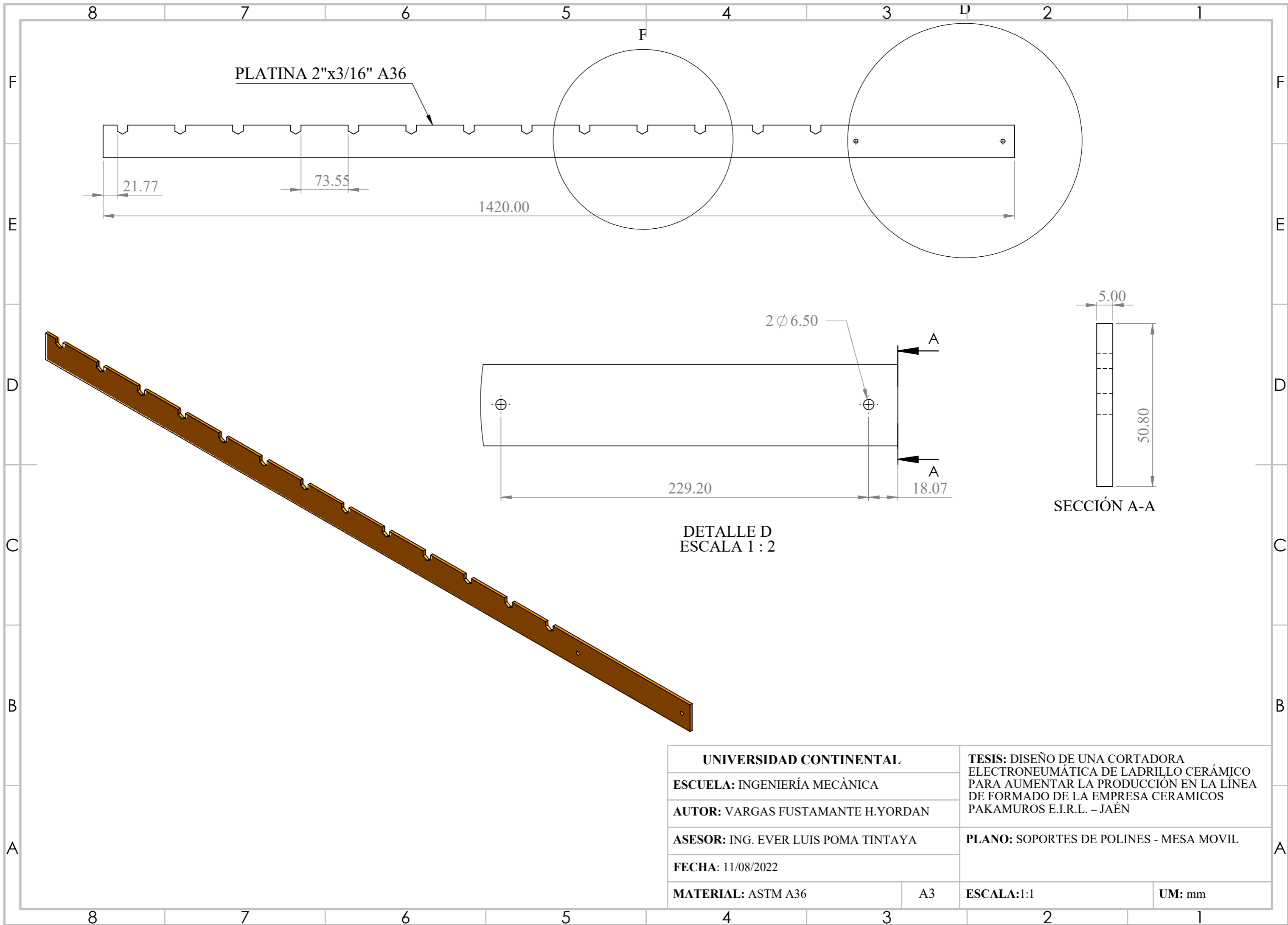
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: PIN DEL POLIN DE MESA MOVIL	
FECHA: 11/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA: 3:1	UM: mm



ÁNGULO 2 1/2"x3/16" A36

3 \varnothing 16.00 $^{+0.05}_{0.00}$

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTE DEL MECANISMO DE SUJECIÓN	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:5	UM: mm



PLATINA 2"x3/16" A36

21.77

73.55

1420.00

2 ϕ 6.50

229.20

18.07

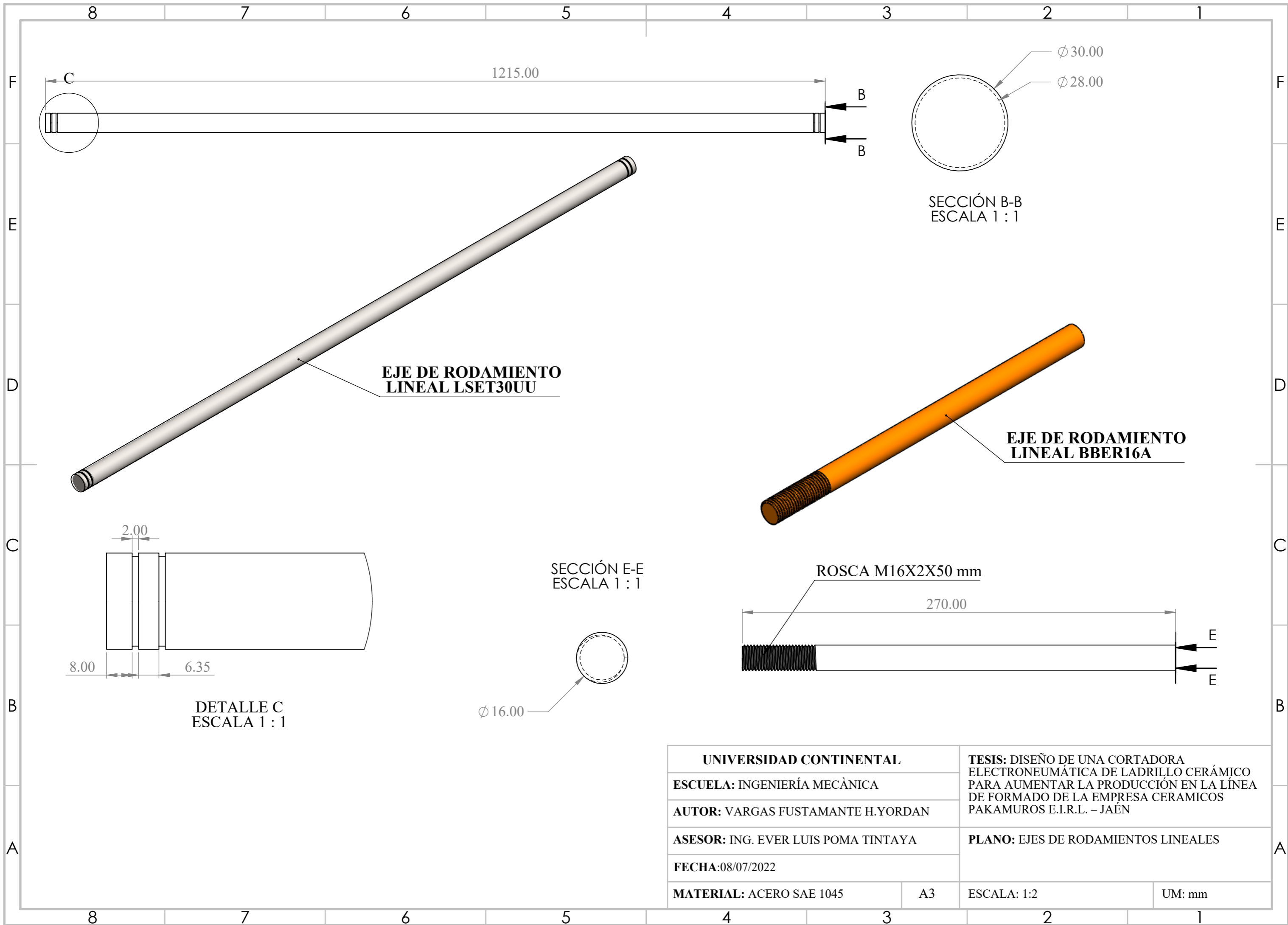
5.00

50.80

SECCIÓN A-A

DETALLE D
ESCALA 1 : 2

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTES DE POLINES - MESA MOVIL	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



**EJE DE RODAMIENTO
LINEAL LSET30UU**

**EJE DE RODAMIENTO
LINEAL BBER16A**

**DETALLE C
ESCALA 1 : 1**

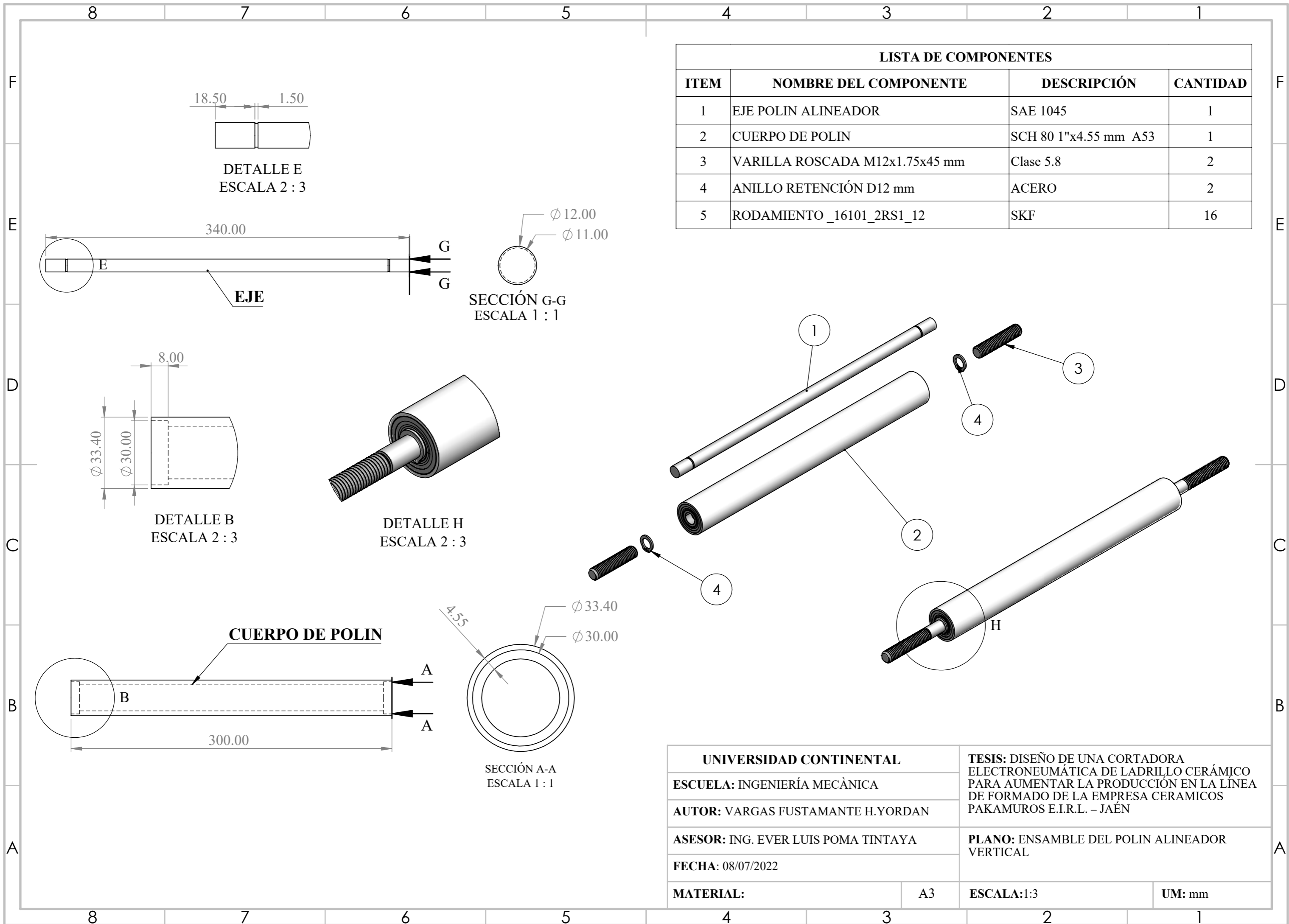
**SECCIÓN E-E
ESCALA 1 : 1**

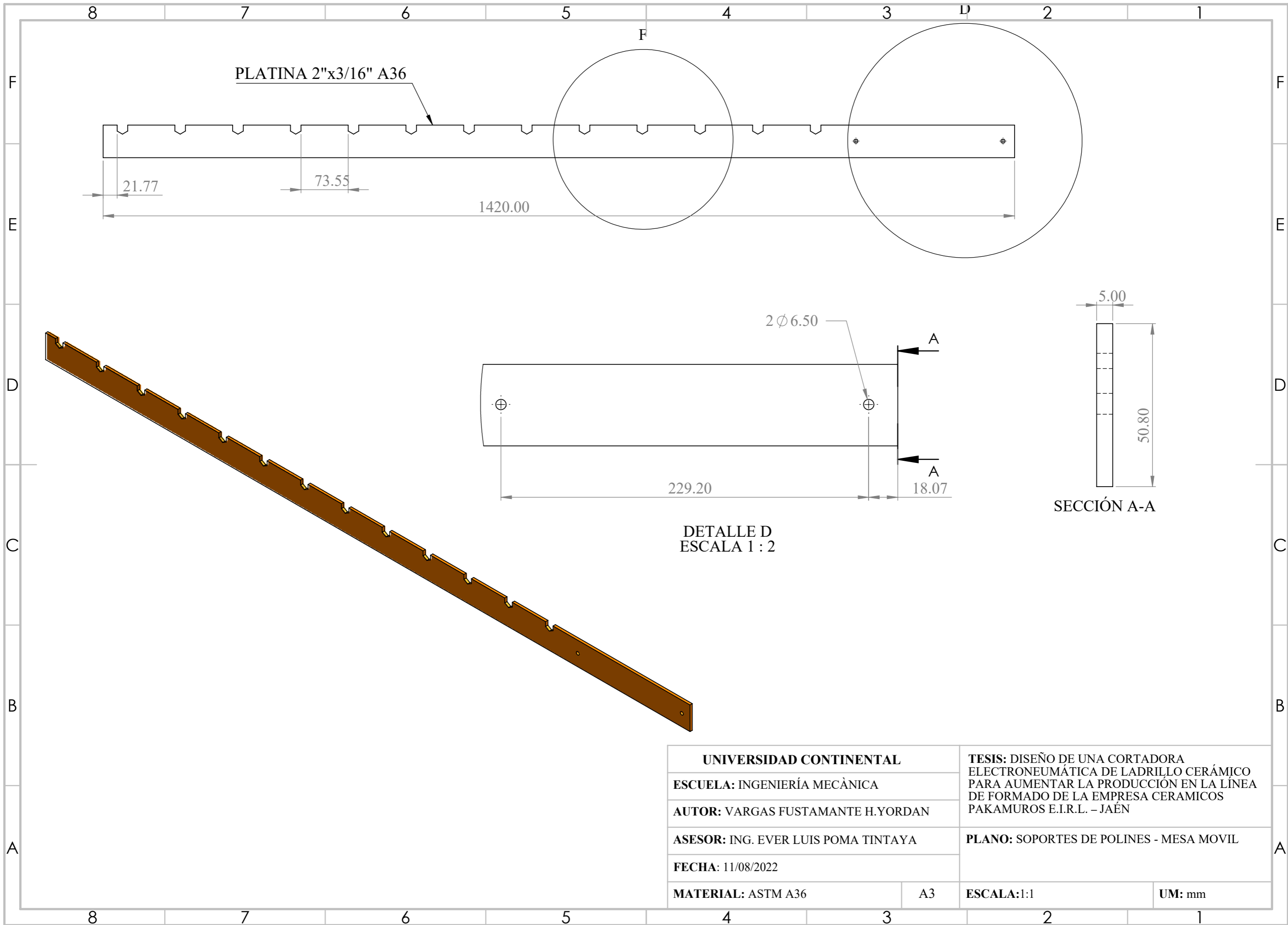
**SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 1**

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: EJES DE RODAMIENTOS LINEALES	
FECHA: 08/07/2022			
MATERIAL: ACERO SAE 1045	A3	ESCALA: 1:2	UM: mm

LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	NOMBRE DEL COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	EJE POLIN ALINEADOR	SAE 1045	1
2	CUERPO DE POLIN	SCH 80 1"x4.55 mm A53	1
3	VARILLA ROSCADA M12x1.75x45 mm	Clase 5.8	2
4	ANILLO RETENCIÓN D12 mm	ACERO	2
5	RODAMIENTO _16101_2RS1_12	SKF	16

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ENSAMBLE DEL POLIN ALINEADOR VERTICAL	
FECHA: 08/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA:1:3	UM: mm





PLATINA 2"x3/16" A36

21.77

73.55

1420.00

2 Ø 6.50

229.20

18.07

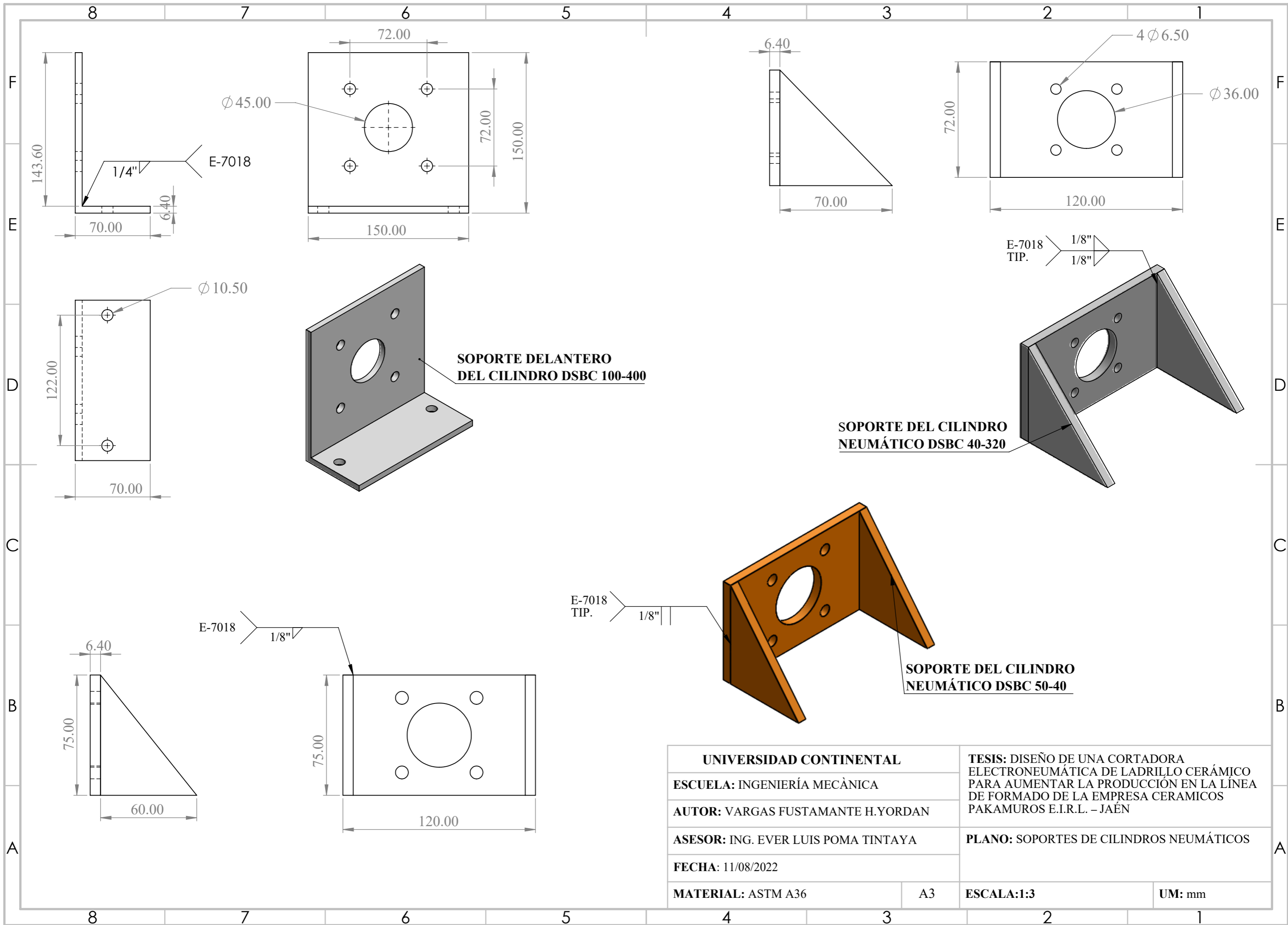
5.00

50.80

SECCIÓN A-A

DETALLE D
ESCALA 1 : 2

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTES DE POLINES - MESA MOVIL	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm

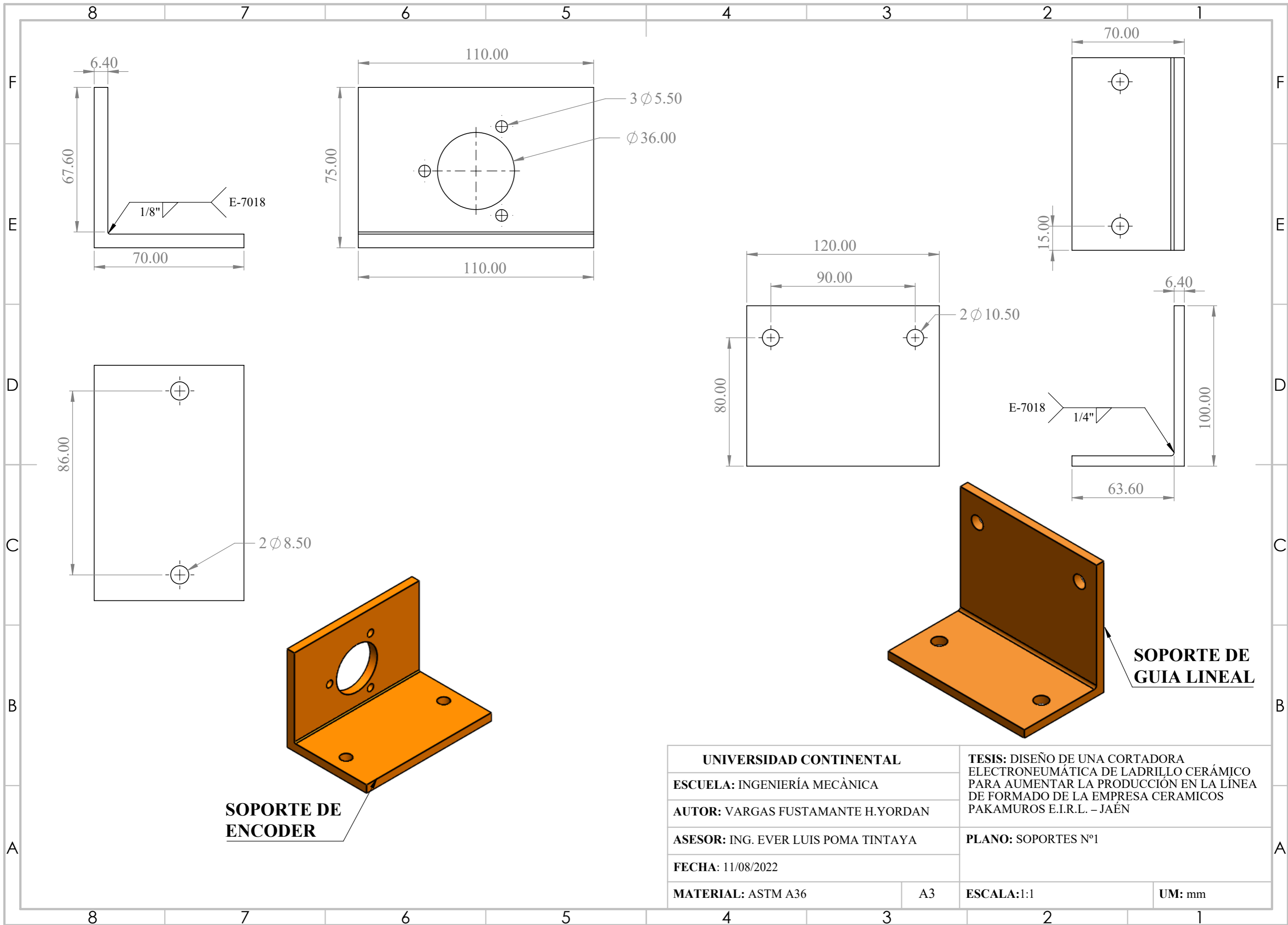


**SOPORTE DELANTERO
DEL CILINDRO DSBC 100-400**

**SOPORTE DEL CILINDRO
NEUMÁTICO DSBC 40-320**

**SOPORTE DEL CILINDRO
NEUMÁTICO DSBC 50-40**

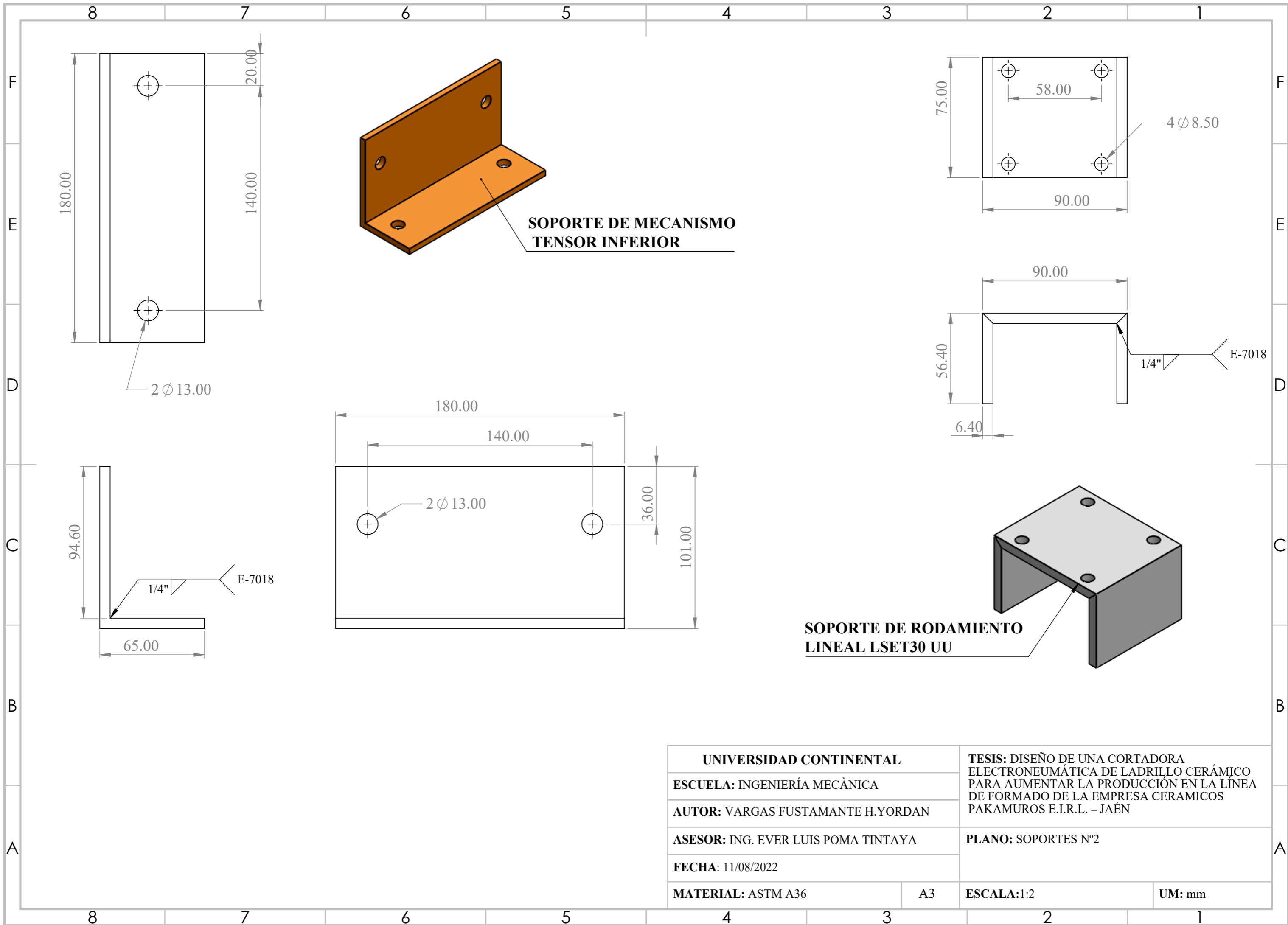
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTES DE CILINDROS NEUMÁTICOS	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:3	UM: mm



SOPORTE DE ENCODER

SOPORTE DE GUIA LINEAL

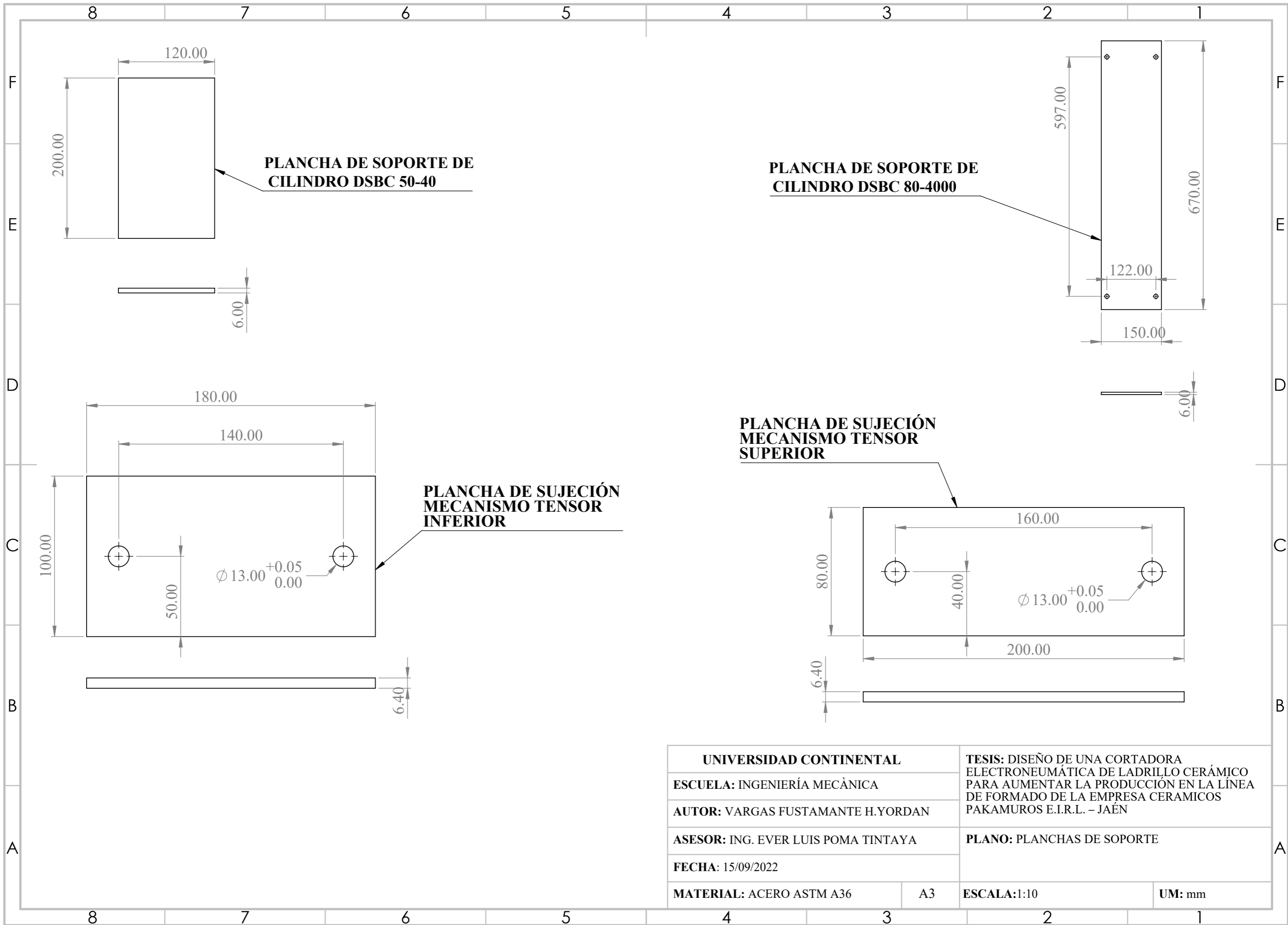
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA		PLANO: SOPORTES N°1	
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA			
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



SOPORTE DE MECANISMO TENSOR INFERIOR

SOPORTE DE RODAMIENTO LINEAL LSET30 UU

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: SOPORTES N°2	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:2	UM: mm



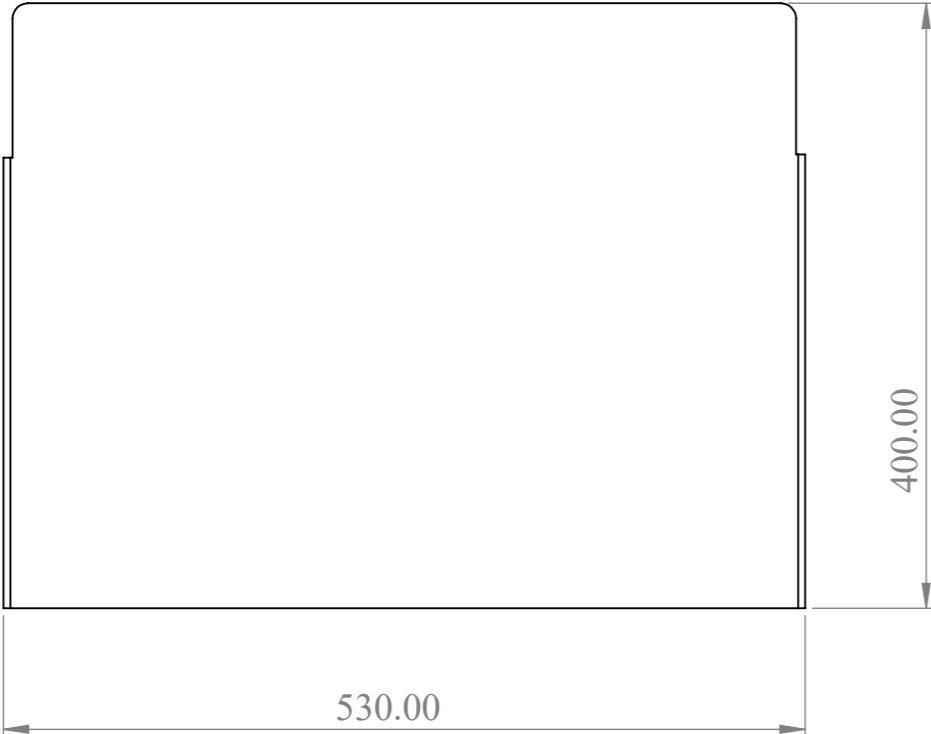
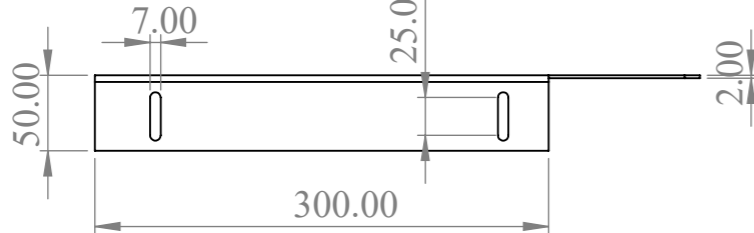
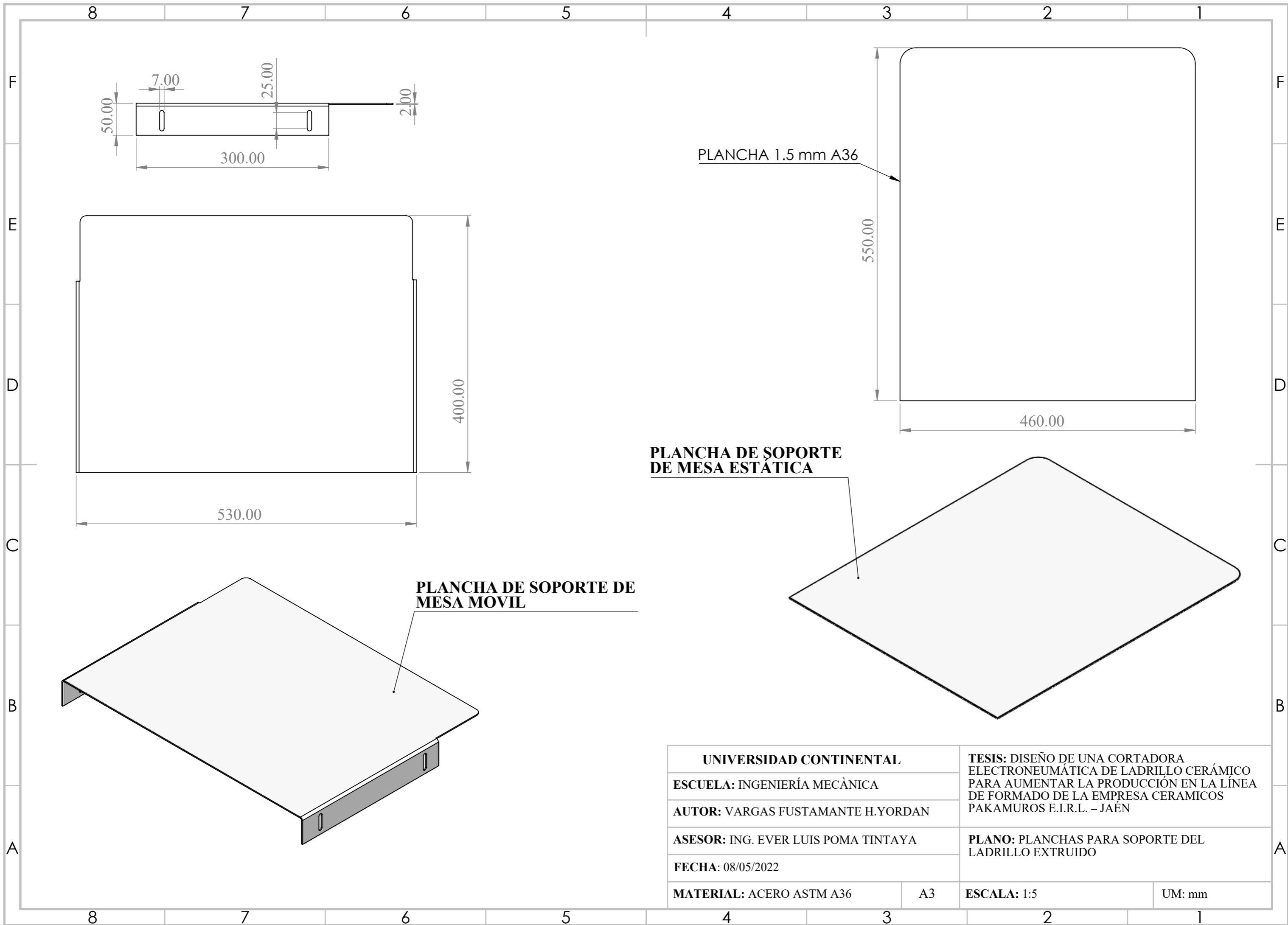
PLANCHA DE SOPORTE DE CILINDRO DSBC 50-40

PLANCHA DE SOPORTE DE CILINDRO DSBC 80-4000

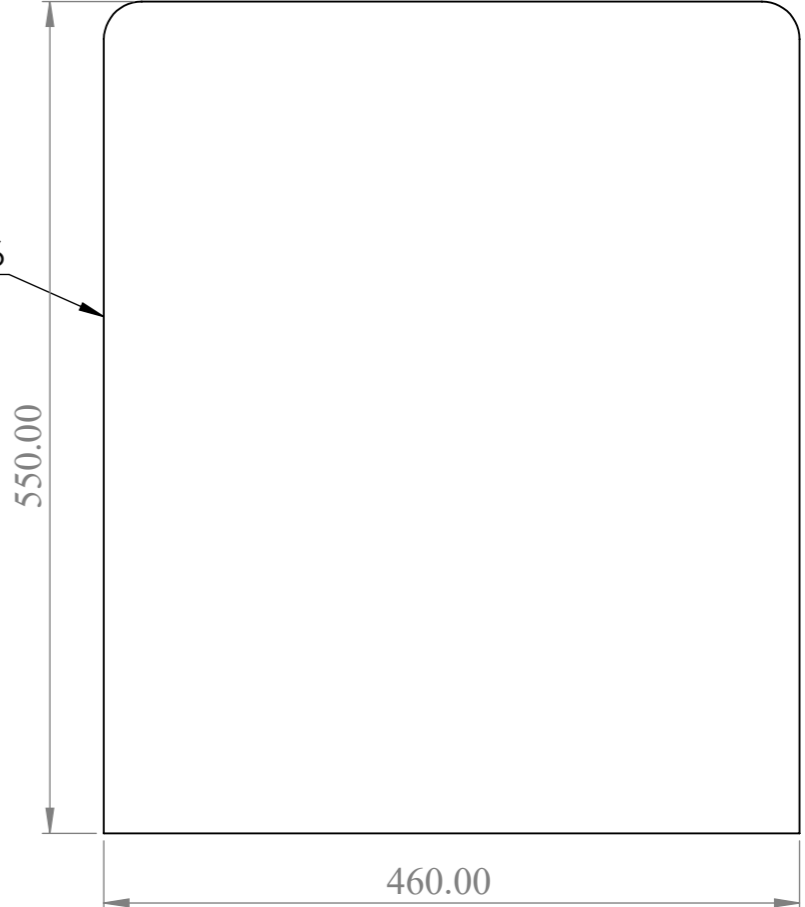
PLANCHA DE SUJECIÓN MECANISMO TENSOR INFERIOR

PLANCHA DE SUJECIÓN MECANISMO TENSOR SUPERIOR

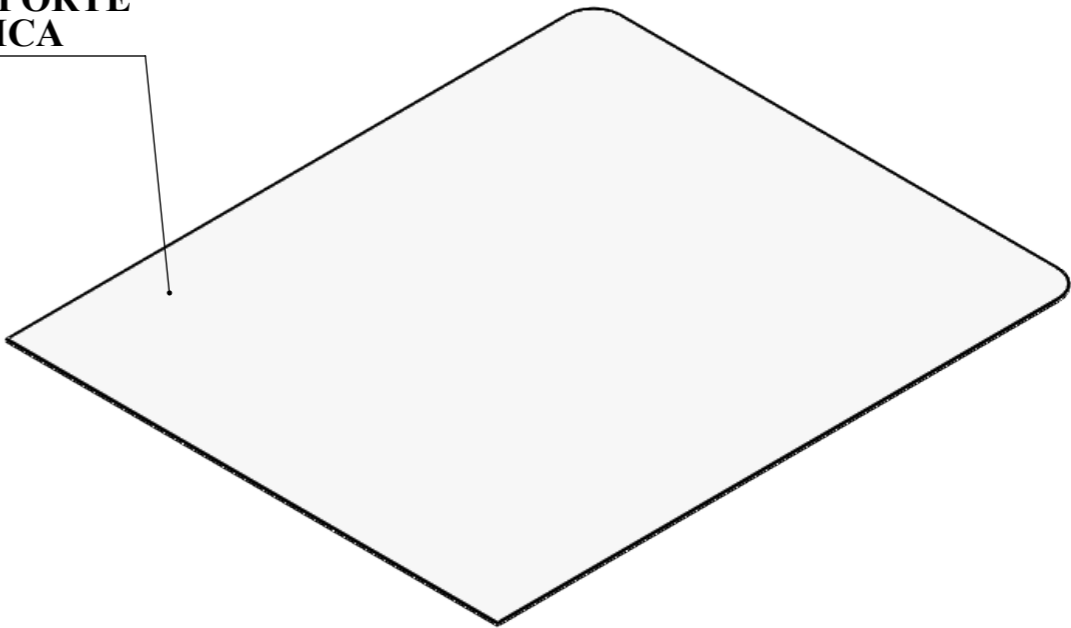
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: PLANCHAS DE SOPORTE	
FECHA: 15/09/2022			
MATERIAL: ACERO ASTM A36	A3	ESCALA: 1:10	UM: mm



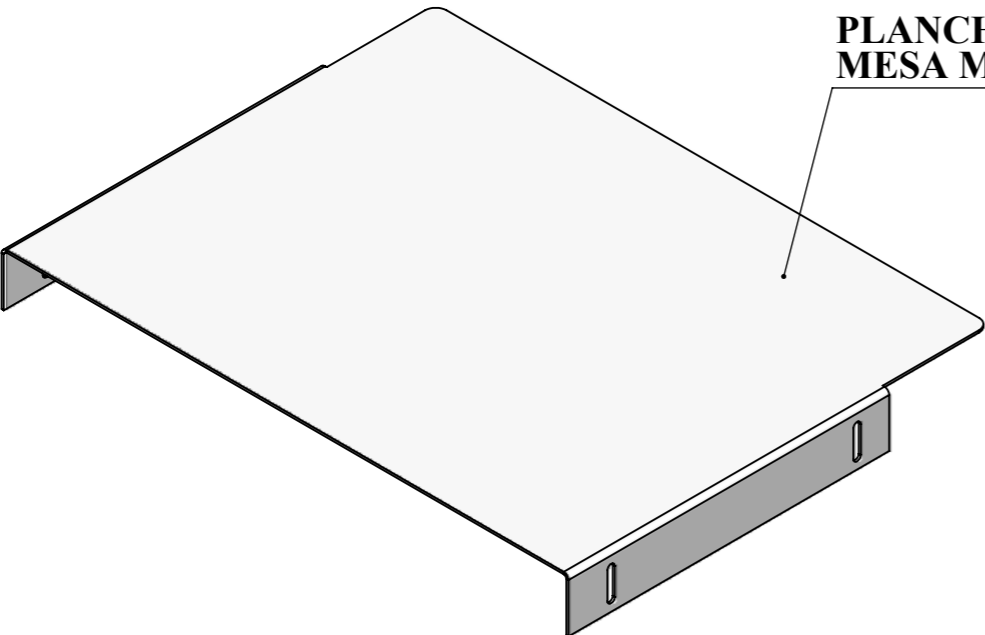
PLANCHA 1.5 mm A36



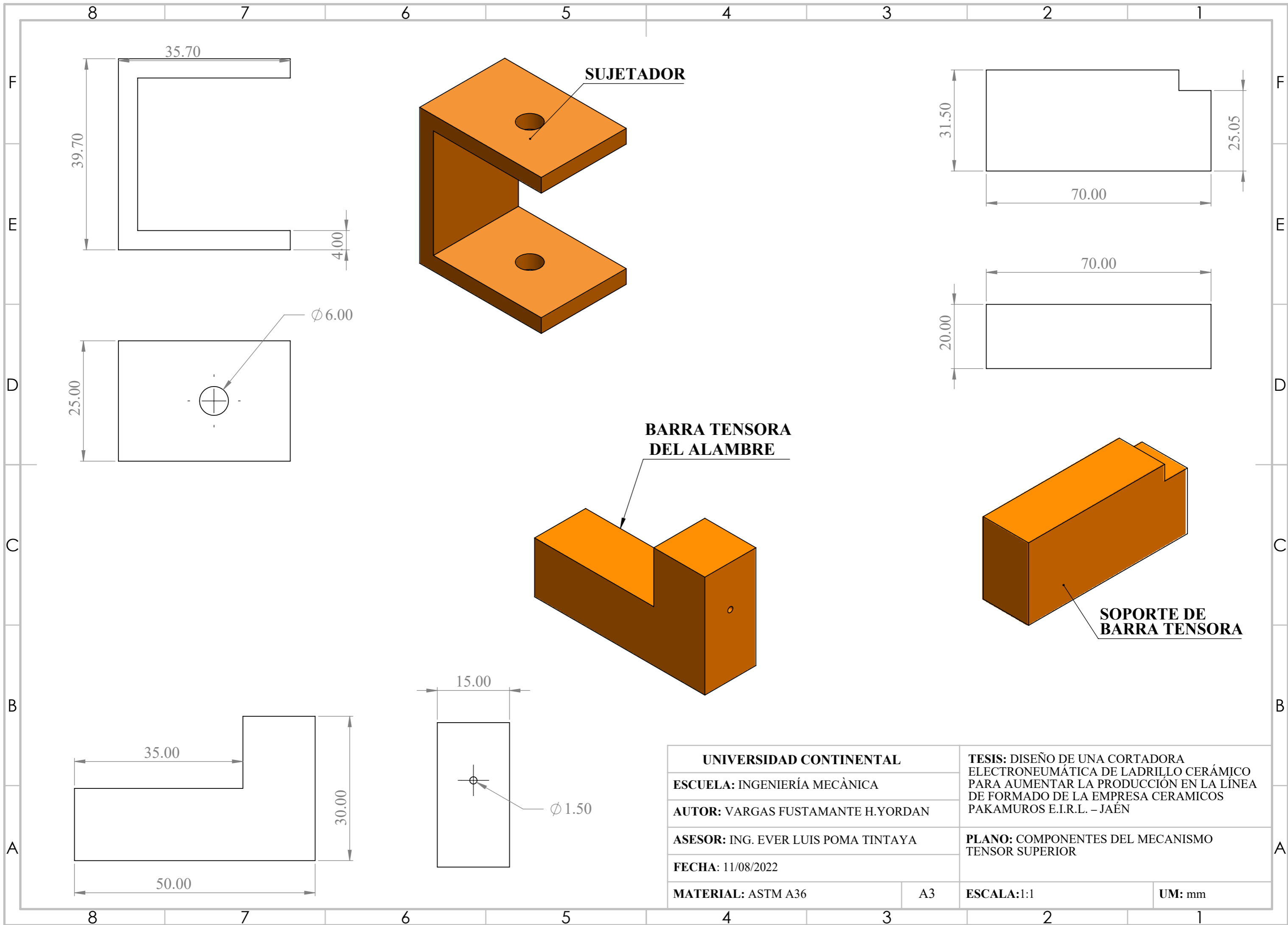
PLANCHA DE SOPORTE DE MESA ESTÁTICA



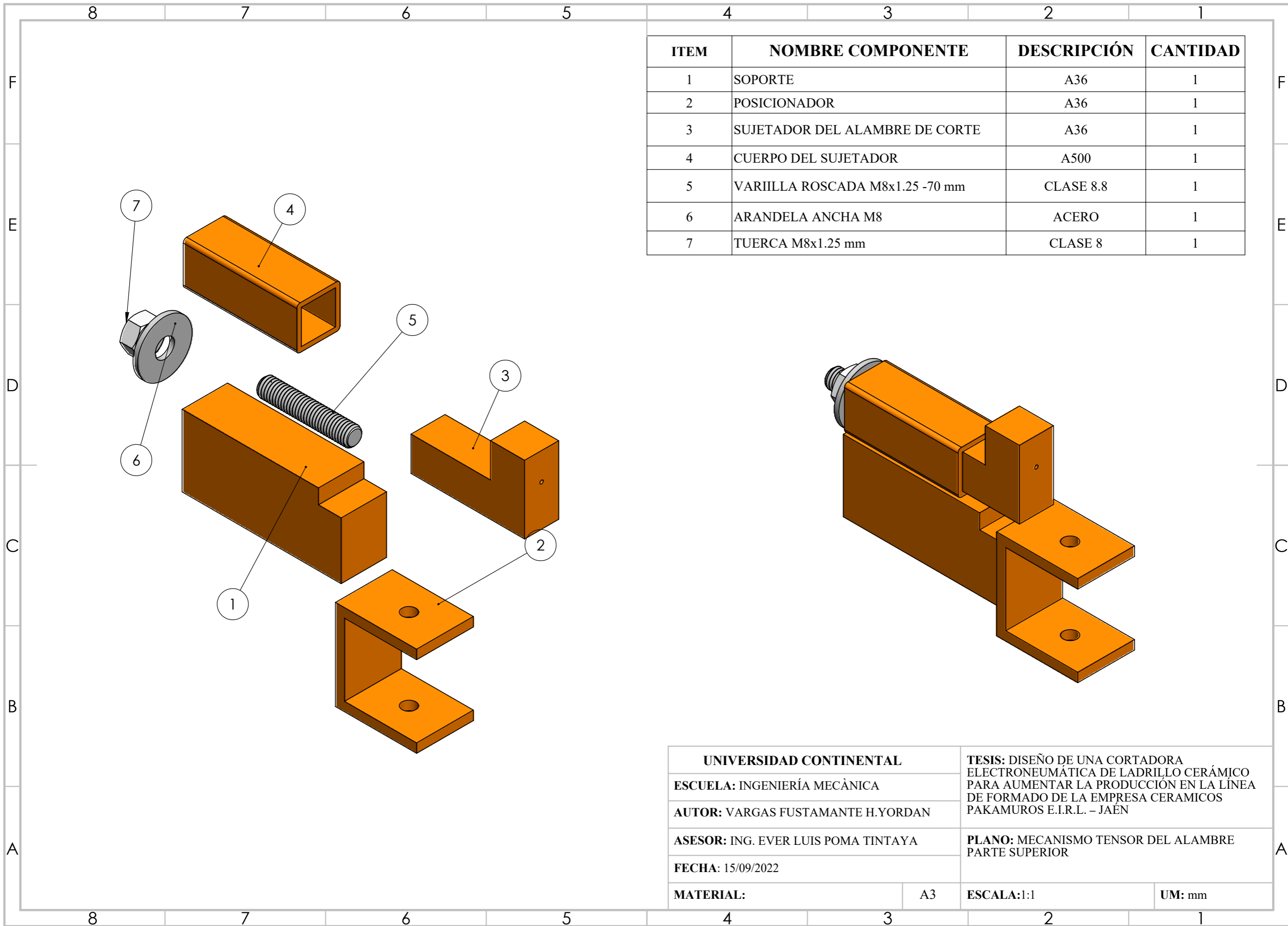
PLANCHA DE SOPORTE DE MESA MOVIL



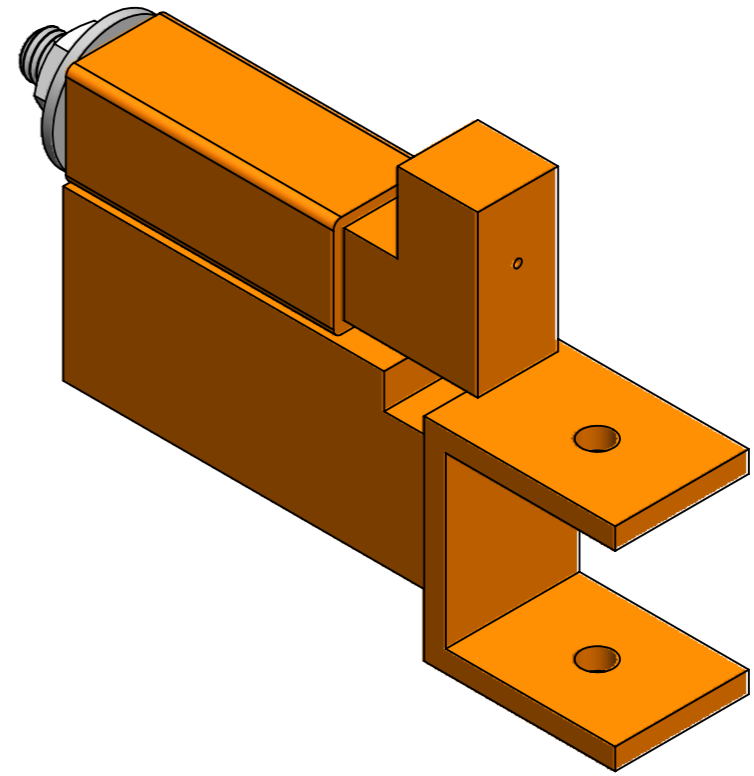
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: PLANCHAS PARA SOPORTE DEL LADRILLO EXTRUIDO	
FECHA: 08/05/2022			
MATERIAL: ACERO ASTM A36	A3	ESCALA: 1:5	UM: mm



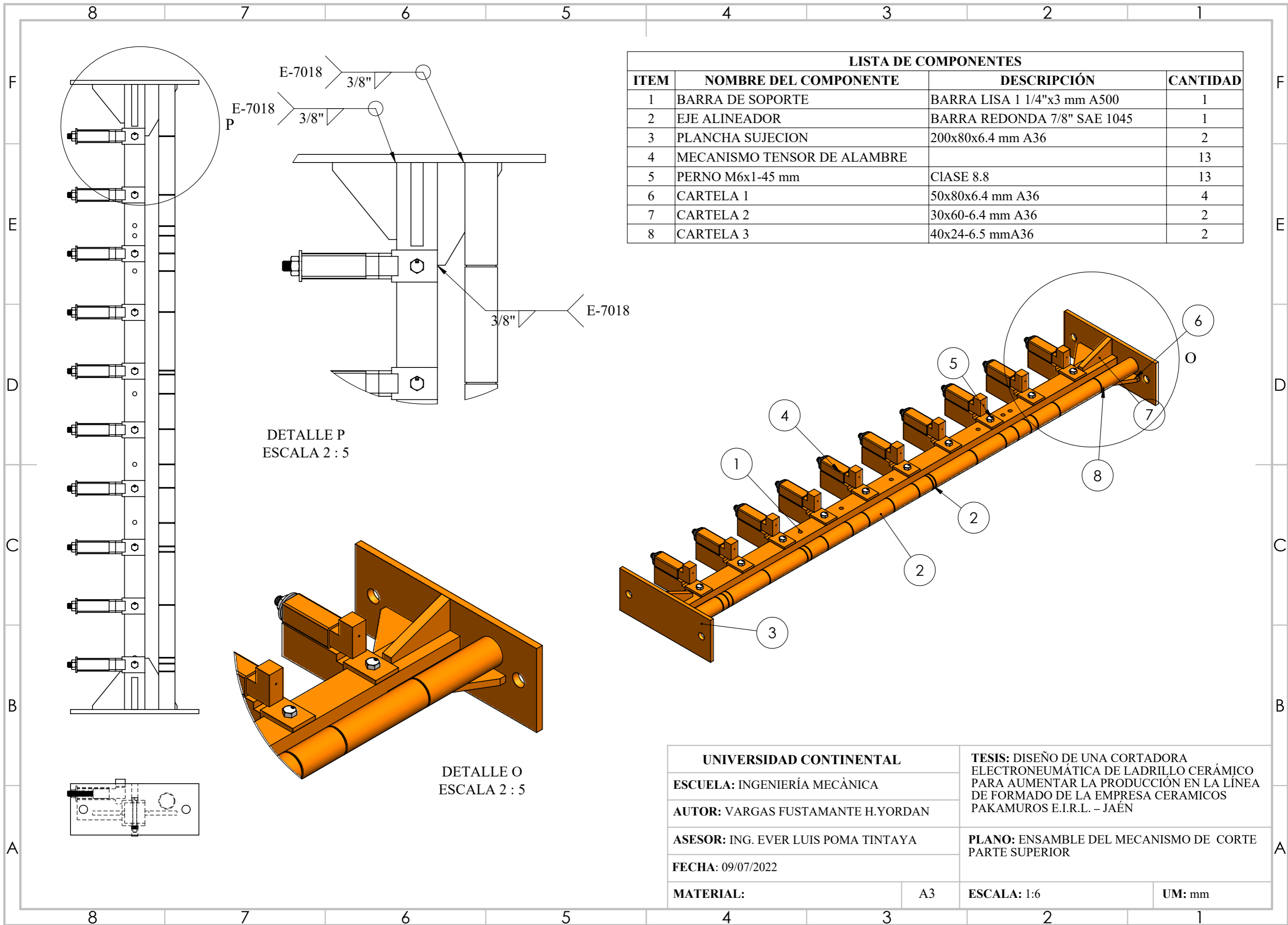
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: COMPONENTES DEL MECANISMO TENSOR SUPERIOR	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



ITEM	NOMBRE COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	SOPORTE	A36	1
2	POSICIONADOR	A36	1
3	SUJETADOR DEL ALAMBRE DE CORTE	A36	1
4	CUERPO DEL SUJETADOR	A500	1
5	VARIILLA ROSCADA M8x1.25 -70 mm	CLASE 8.8	1
6	ARANDELA ANCHA M8	ACERO	1
7	TUERCA M8x1.25 mm	CLASE 8	1



UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: MECANISMO TENSOR DEL ALAMBRE PARTE SUPERIOR	
FECHA: 15/09/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm

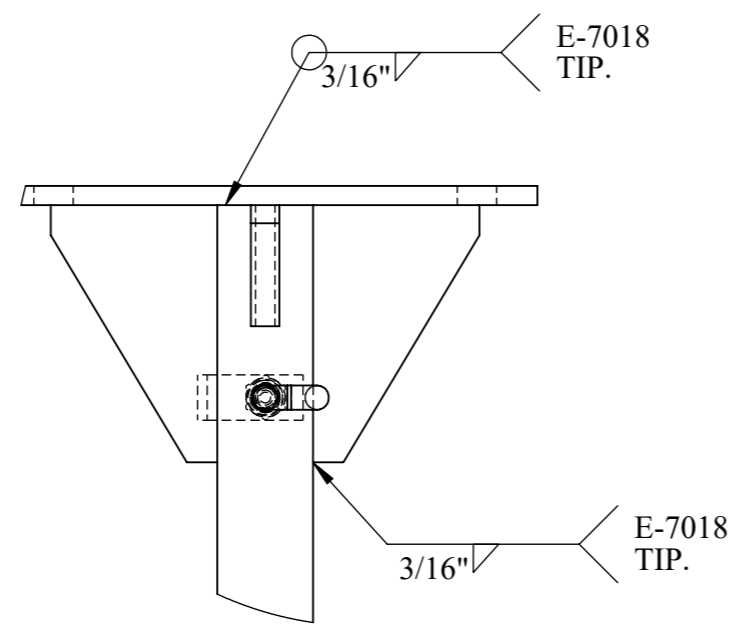
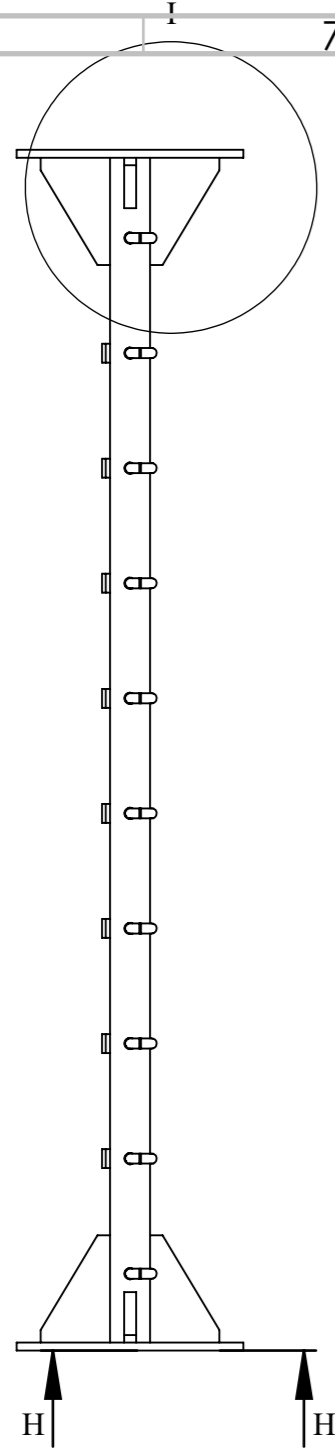


LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	NOMBRE DEL COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BARRA DE SOPORTE	BARRA LISA 1 1/4"x3 mm A500	1
2	EJE ALINEADOR	BARRA REDONDA 7/8" SAE 1045	1
3	PLANCHA SUJECION	200x80x6.4 mm A36	2
4	MECANISMO TENSOR DE ALAMBRE		13
5	PERNO M6x1-45 mm	CIASE 8.8	13
6	CARTELA 1	50x80x6.4 mm A36	4
7	CARTELA 2	30x60-6.4 mm A36	2
8	CARTELA 3	40x24-6.5 mm A36	2

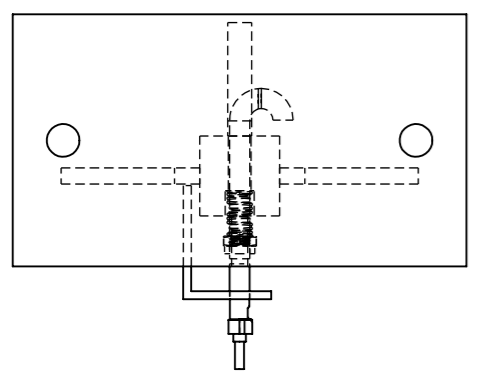
DETALLE P
ESCALA 2 : 5

DETALLE O
ESCALA 2 : 5

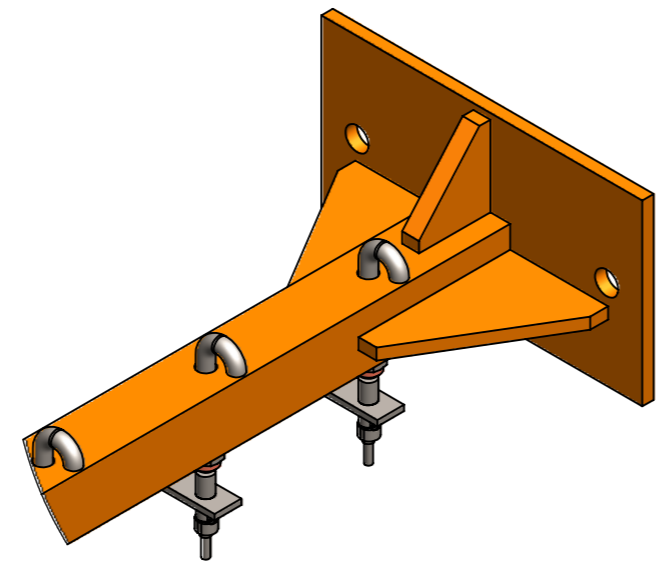
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ENSAMBLE DEL MECANISMO DE CORTE PARTE SUPERIOR	
FECHA: 09/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA: 1:6	UM: mm



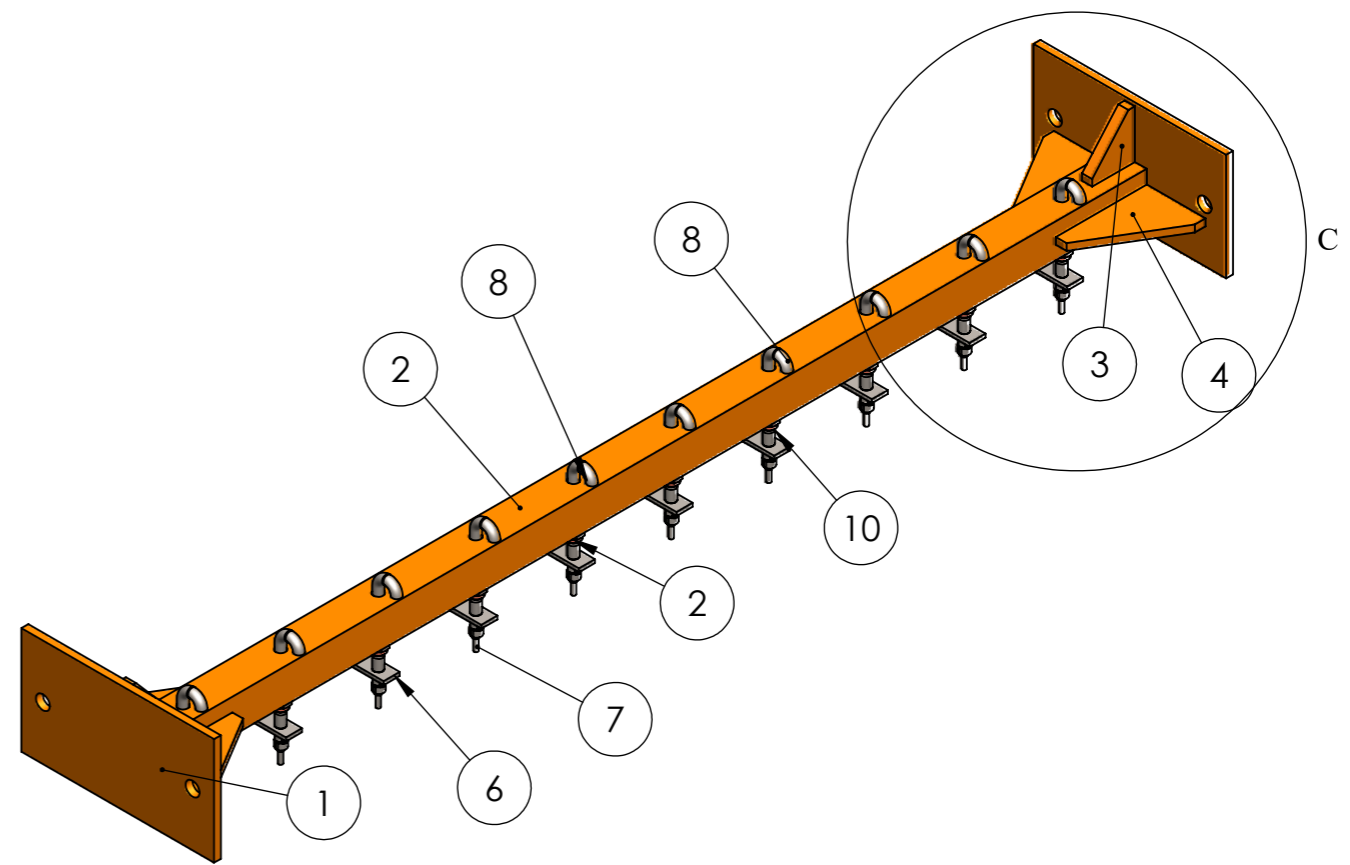
DETALLE I
ESCALA 2 : 5



SECCIÓN H-H
ESCALA 1 : 3

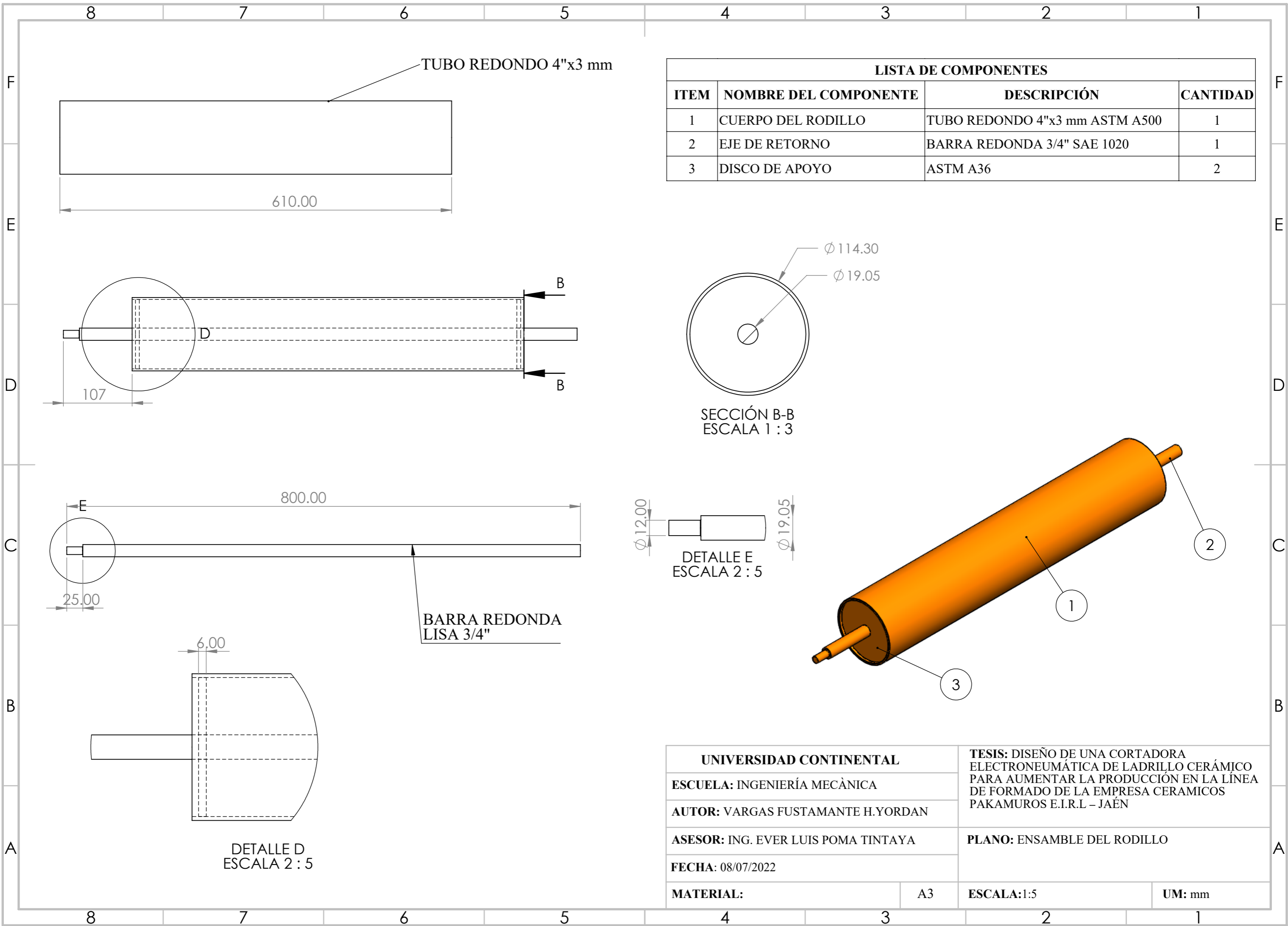


DETALLE C
ESCALA 1 : 3



LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	NOMBRE DEL COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PLANCHADE SUJECION	180x95-6.4 mm A36	2
2	BARRA DE SOPORTE	BARRA CUADRADA 1 1/4" A36	1
3	CARTELA 1	35x50x6.4 mm A36	2
4	CARTELA 2	60x60-6.4mm A36	4
5	CARTELA 2	60x60-6.4mm A36	2
6	SOPORTE INTERRUPTOR	A36	10
7	INTERRUPTOR MAGNETICO	REED	10
8	TENSADOR ALAMBRE	D 8mm - 60 mm LARGO	M
9	RESORTE DE COMPRESION	D 11.5 mm -20 mm LARGO - PIANO	10
10	IMAN	NEODIMIO	10

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ENSAMBLE DEL MECANISMO DE CORTE INFERIOR KING KONG	
FECHA:09/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA:1:6	UM: mm



TUBO REDONDO 4"x3 mm

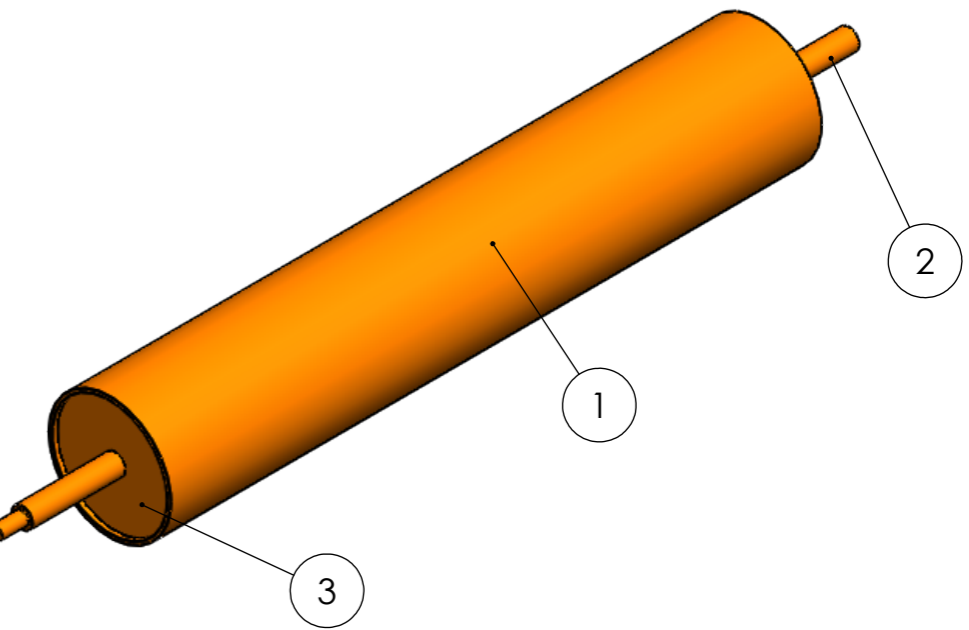
610.00

107

800.00

25.00

6.00



LISTA DE COMPONENTES

ITEM	NOMBRE DEL COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CUERPO DEL RODILLO	TUBO REDONDO 4"x3 mm ASTM A500	1
2	EJE DE RETORNO	BARRA REDONDA 3/4" SAE 1020	1
3	DISCO DE APOYO	ASTM A36	2

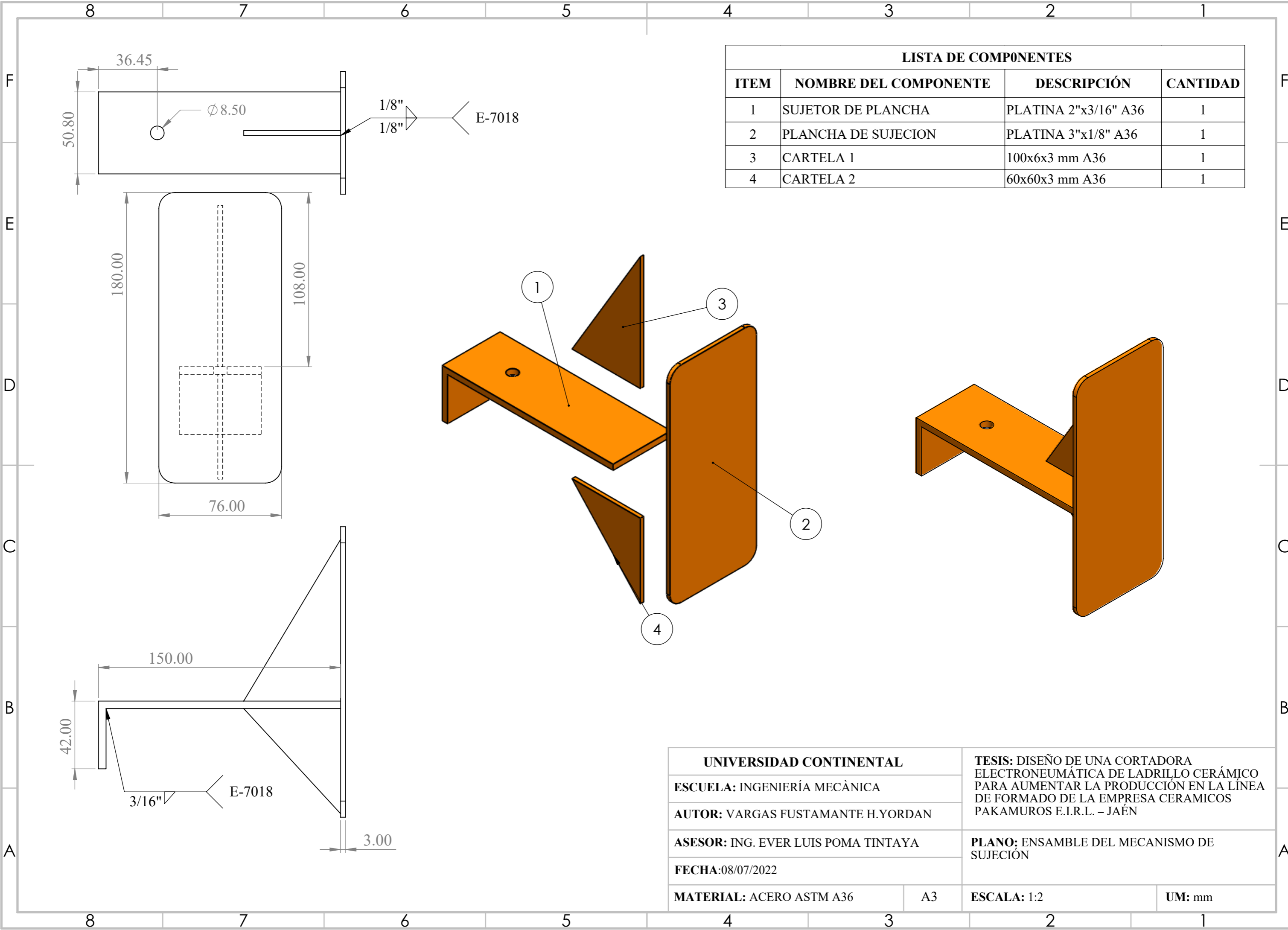
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 3

DETALLE E
ESCALA 2 : 5

DETALLE D
ESCALA 2 : 5

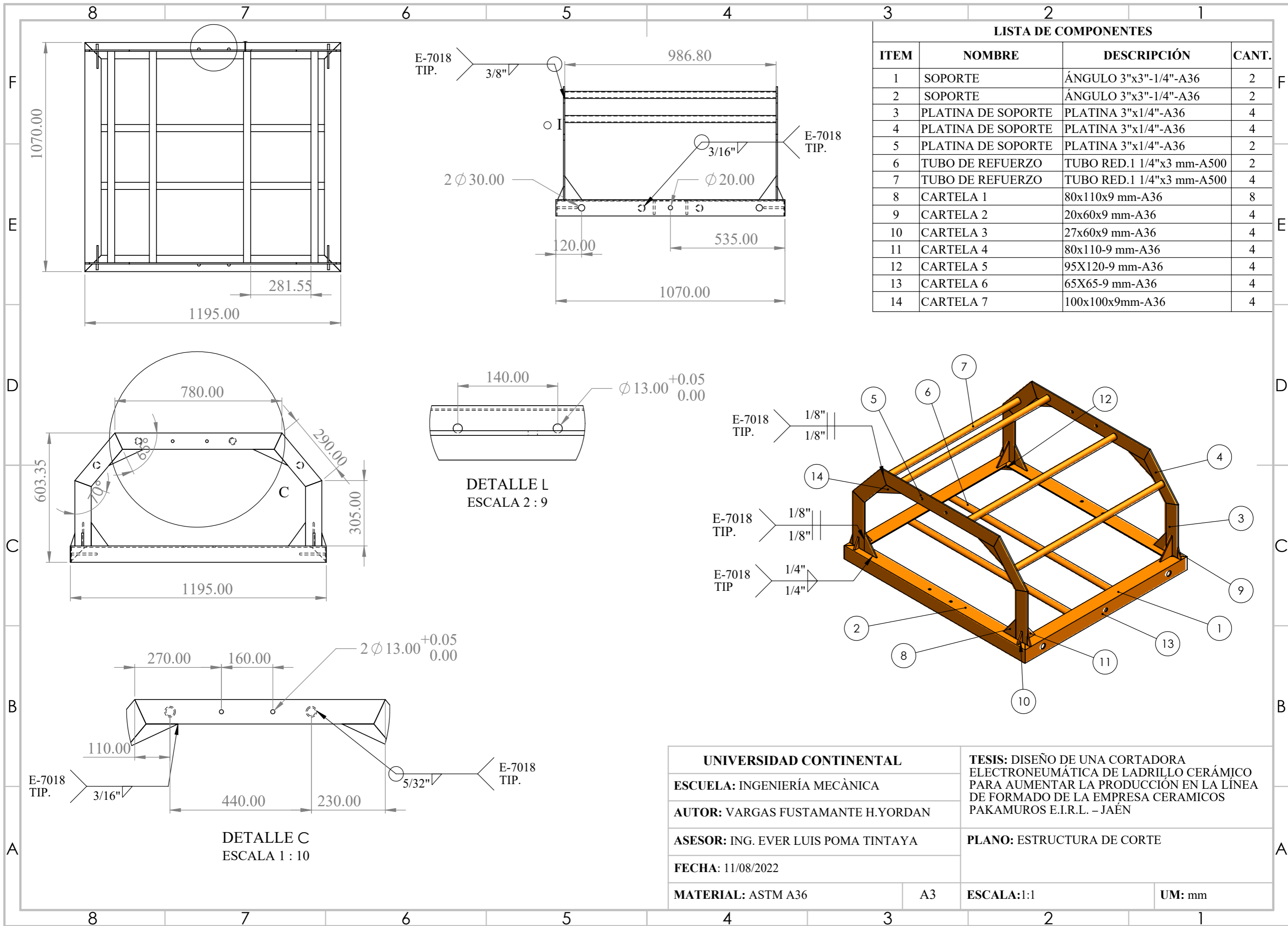
BARRA REDONDA
LISA 3/4"

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ENSAMBLE DEL RODILLO	
FECHA: 08/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA: 1:5	UM: mm



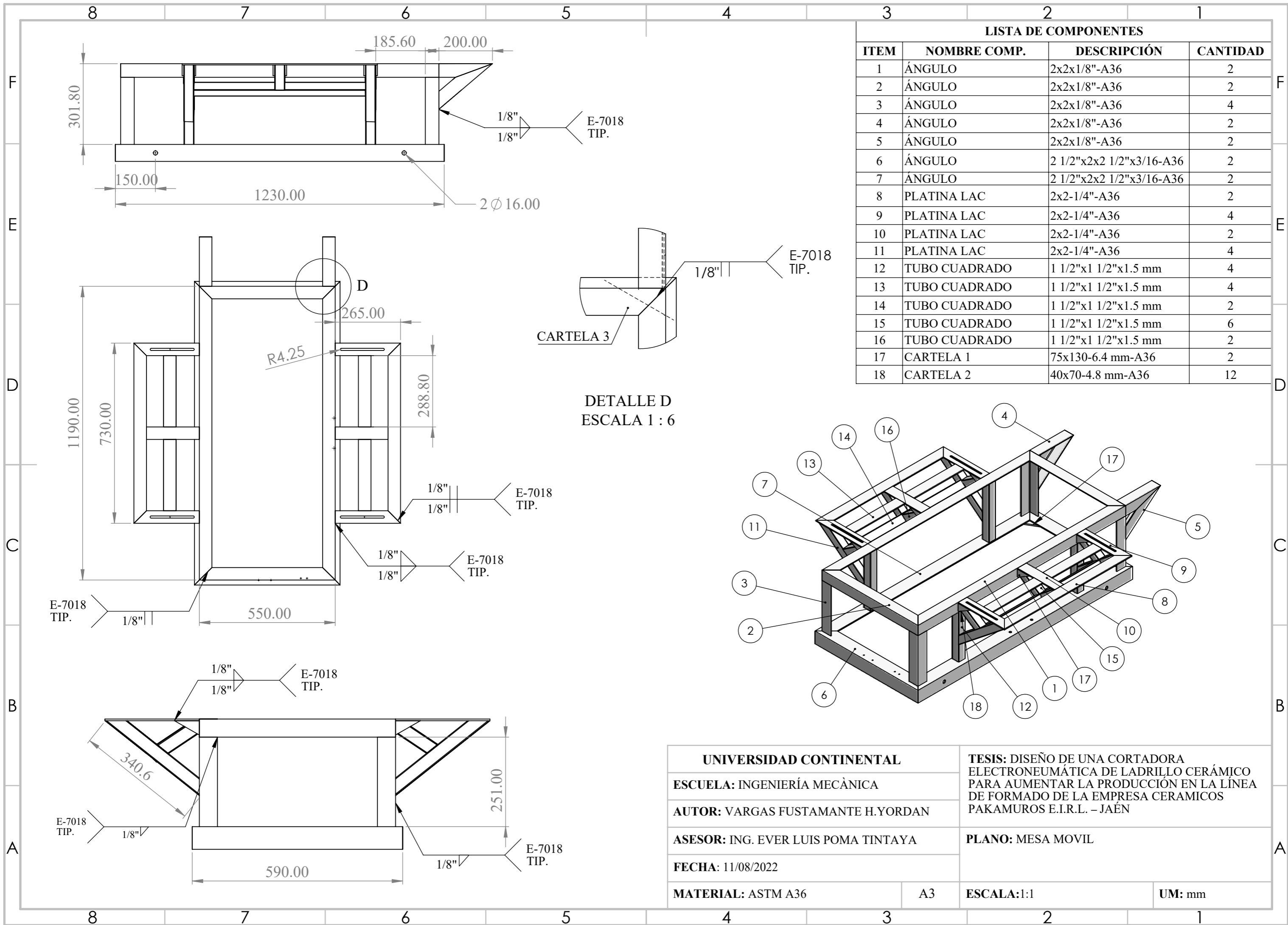
LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	NOMBRE DEL COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	SUJETOR DE PLANCHA	PLATINA 2"x3/16" A36	1
2	PLANCHA DE SUJECION	PLATINA 3"x1/8" A36	1
3	CARTELA 1	100x6x3 mm A36	1
4	CARTELA 2	60x60x3 mm A36	1

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN		PLANO: ENSAMBLE DEL MECANISMO DE SUJECIÓN	
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA			
FECHA: 08/07/2022		ESCALA: 1:2	
MATERIAL: ACERO ASTM A36	A3		

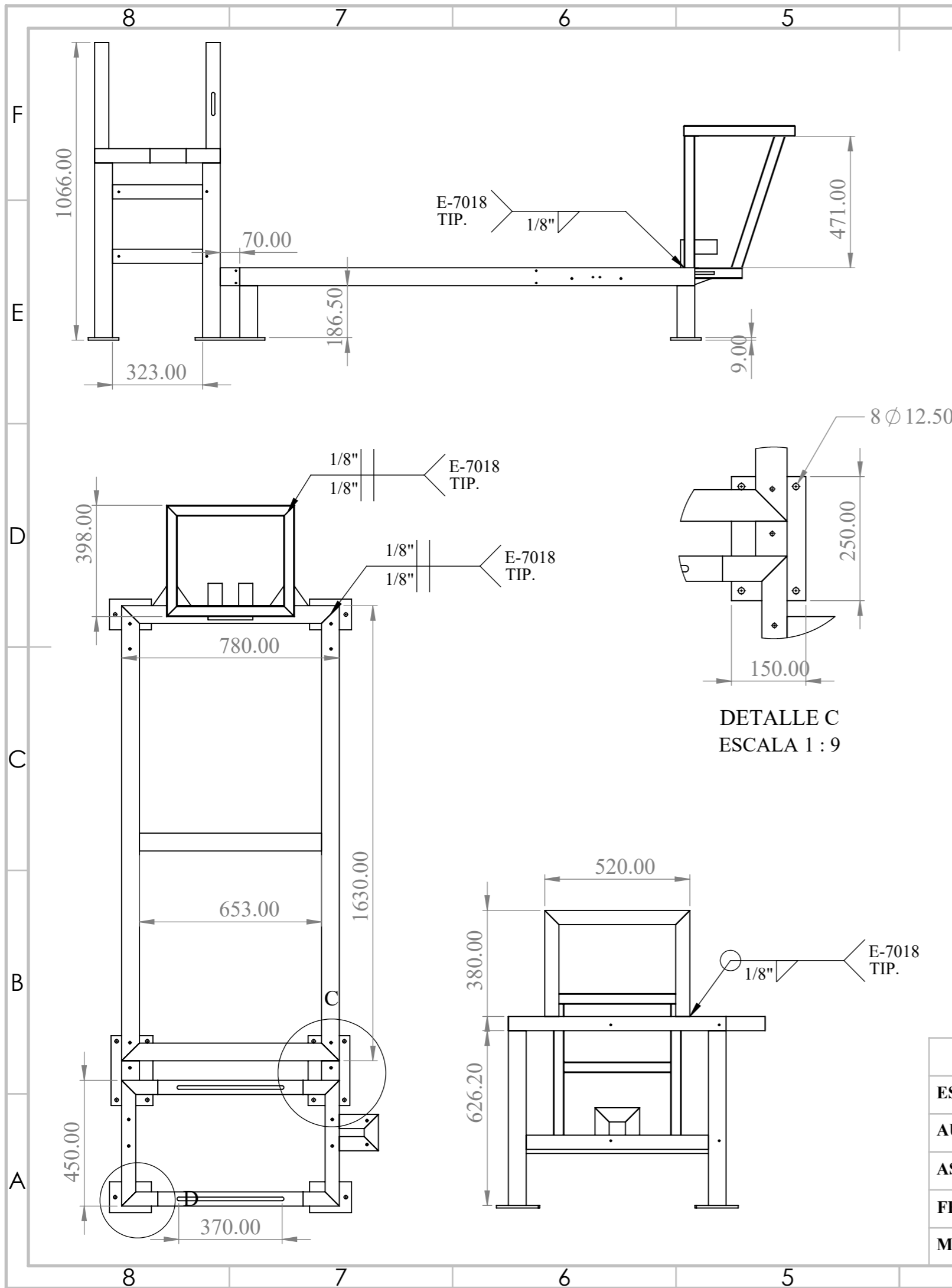


LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	SOPORTE	ÁNGULO 3"x3"-1/4"-A36	2
2	SOPORTE	ÁNGULO 3"x3"-1/4"-A36	2
3	PLATINA DE SOPORTE	PLATINA 3"x1/4"-A36	4
4	PLATINA DE SOPORTE	PLATINA 3"x1/4"-A36	4
5	PLATINA DE SOPORTE	PLATINA 3"x1/4"-A36	2
6	TUBO DE REFUERZO	TUBO RED.1 1/4"x3 mm-A500	2
7	TUBO DE REFUERZO	TUBO RED.1 1/4"x3 mm-A500	4
8	CARTELA 1	80x110x9 mm-A36	8
9	CARTELA 2	20x60x9 mm-A36	4
10	CARTELA 3	27x60x9 mm-A36	4
11	CARTELA 4	80x110-9 mm-A36	4
12	CARTELA 5	95X120-9 mm-A36	4
13	CARTELA 6	65X65-9 mm-A36	4
14	CARTELA 7	100x100x9mm-A36	4

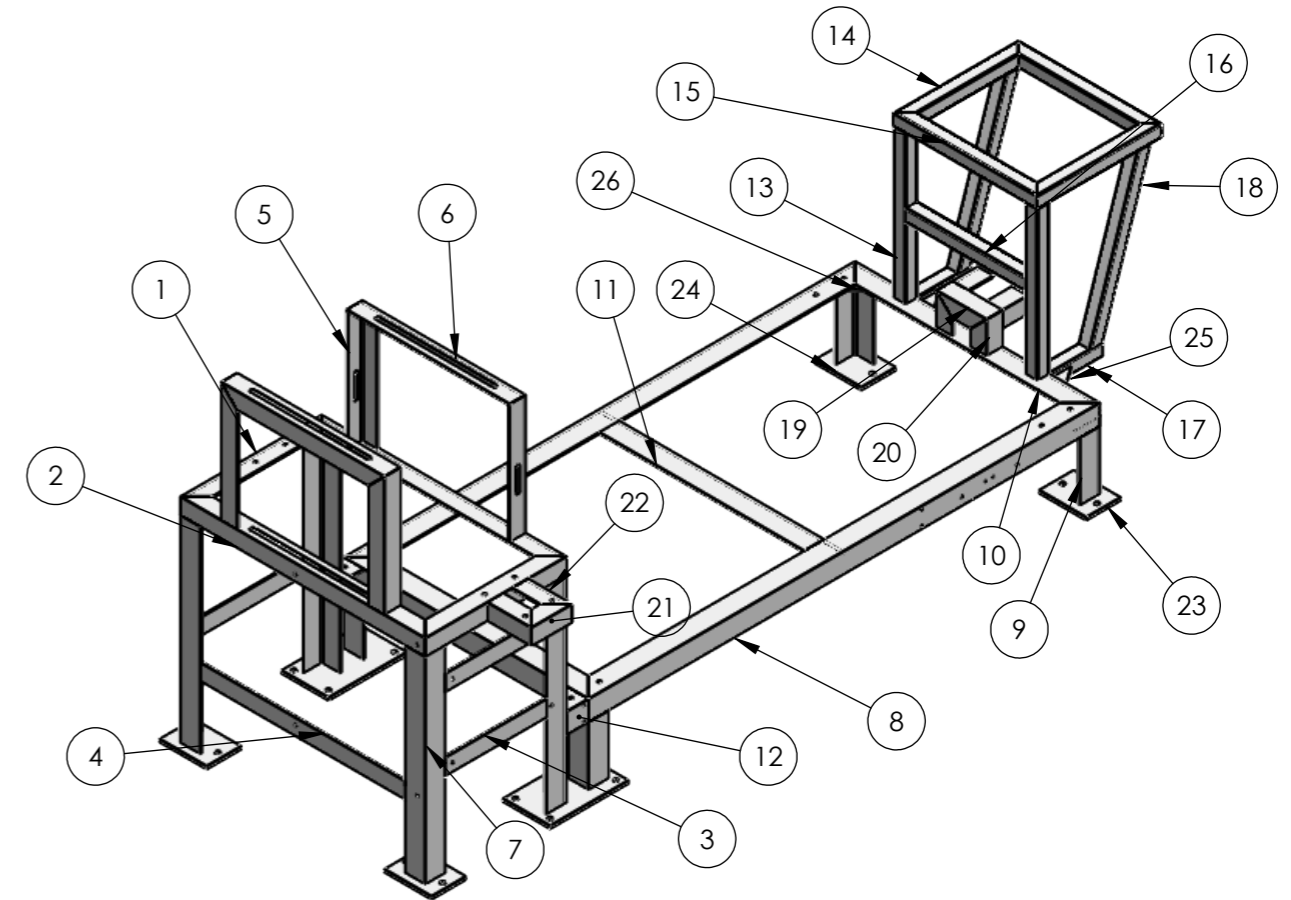
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ESTRUCTURA DE CORTE	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA:1:1	UM: mm



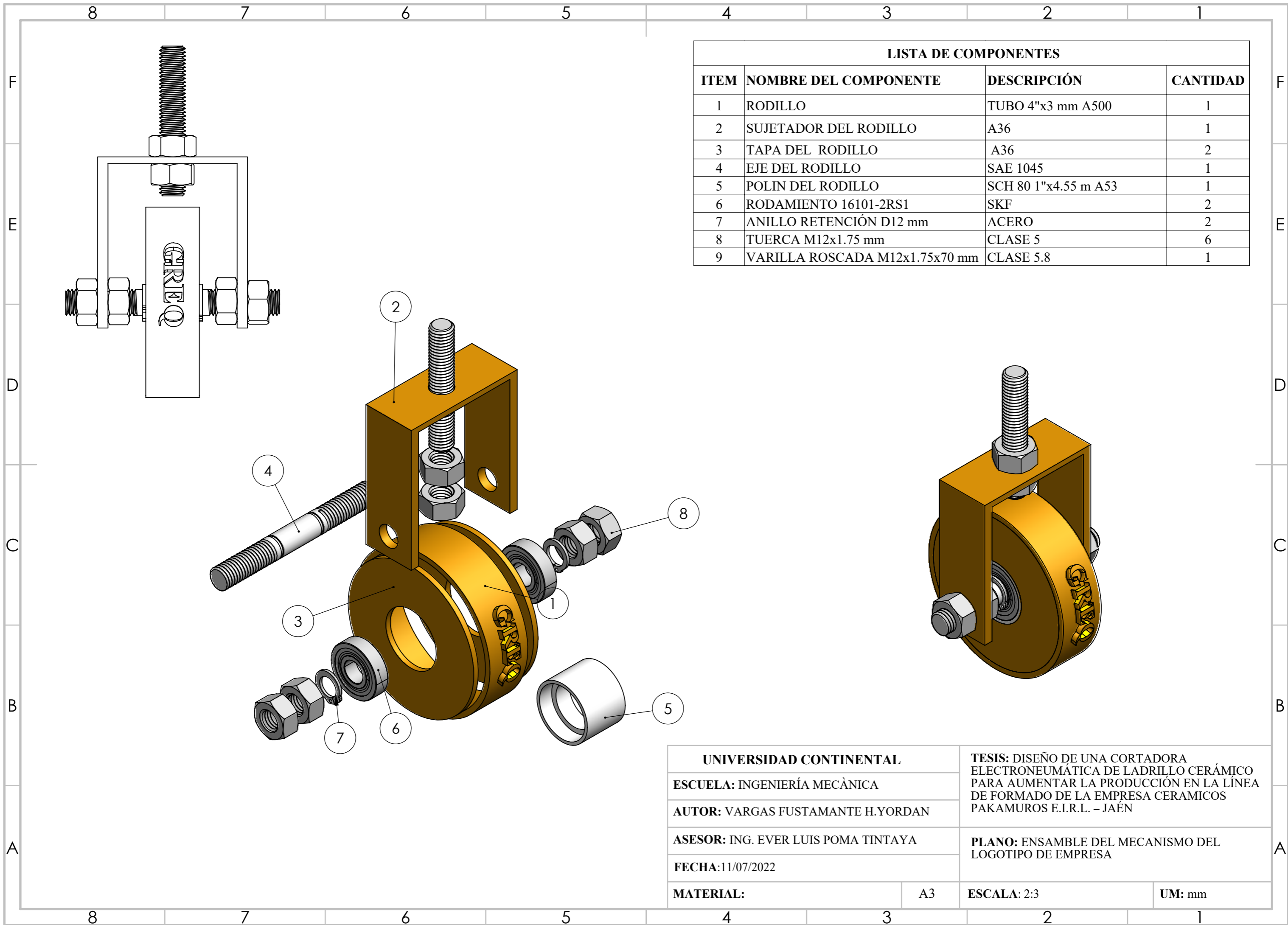
UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA		AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN	
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: MESA MOVIL	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:1	UM: mm



LISTA DE COMPONENTES			
ITEM	NOMBRE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"x3/16"-A36	2
2	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"x3/16"-A36	2
3	PLATINA LAC	2"x3/16" -A36	4
4	PLATINA LAC	2"x3/16" -A36	1
5	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"3/16"-A36	4
6	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"3/16"-A36	2
7	ANGULO ESTRUCTURAL	2 1/2" x2 1/2"x3/16"-A36	4
8	ANGULO ESTRUCTURAL	2 1/2" x2 1/2"x3/16"-A36	2
9	ANGULO ESTRUCTURAL	2 1/2" x2 1/2"x3/16"-A36	4
10	ANGULO ESTRUCTURAL	2 1/2" x2 1/2"x3/16"-A36	2
11	ANGULO ESTRUCTURAL	2 1/2" x2 1/2"x3/16"-A36	1
12	ANGULO ESTRUCTURAL	2 1/2" x2 1/2"x3/16"-A36	2
13	TUBO CUADRADO	1 1/4"x2.5 mm A500	2
14	TUBO CUADRADO	1 1/4"x2.5 mm A500	2
15	TUBO CUADRADO	1 1/4"x2.5 mm A500	2
16	TUBO CUADRADO	1 1/4"x2.5 mm A500	1
17	TUBO CUADRADO	1 1/4"x2.5 mm A500	2
18	TUBO CUADRADO	1 1/4"x2.5 mm A500	2
19	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"-3/16"-A36	1
20	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"x3/16"A36	4
21	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"x3/16"A36	1
22	ANGULO ESTRUCTURAL	2"x2"x3/16"A36	2
23	PLANCHA LAC	110x150x6.4 mm A36	4
24	PLANCHA LAC	110x250x6.4 mm A36	2
25	CARTELA 1	50x70x6.4 mm A36	4
26	CARTELA 2	75x75x4.8 mm A36	2



UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: MESA ESTÁTICA	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL: ASTM A36	A3	ESCALA: 1:15	UM: mm

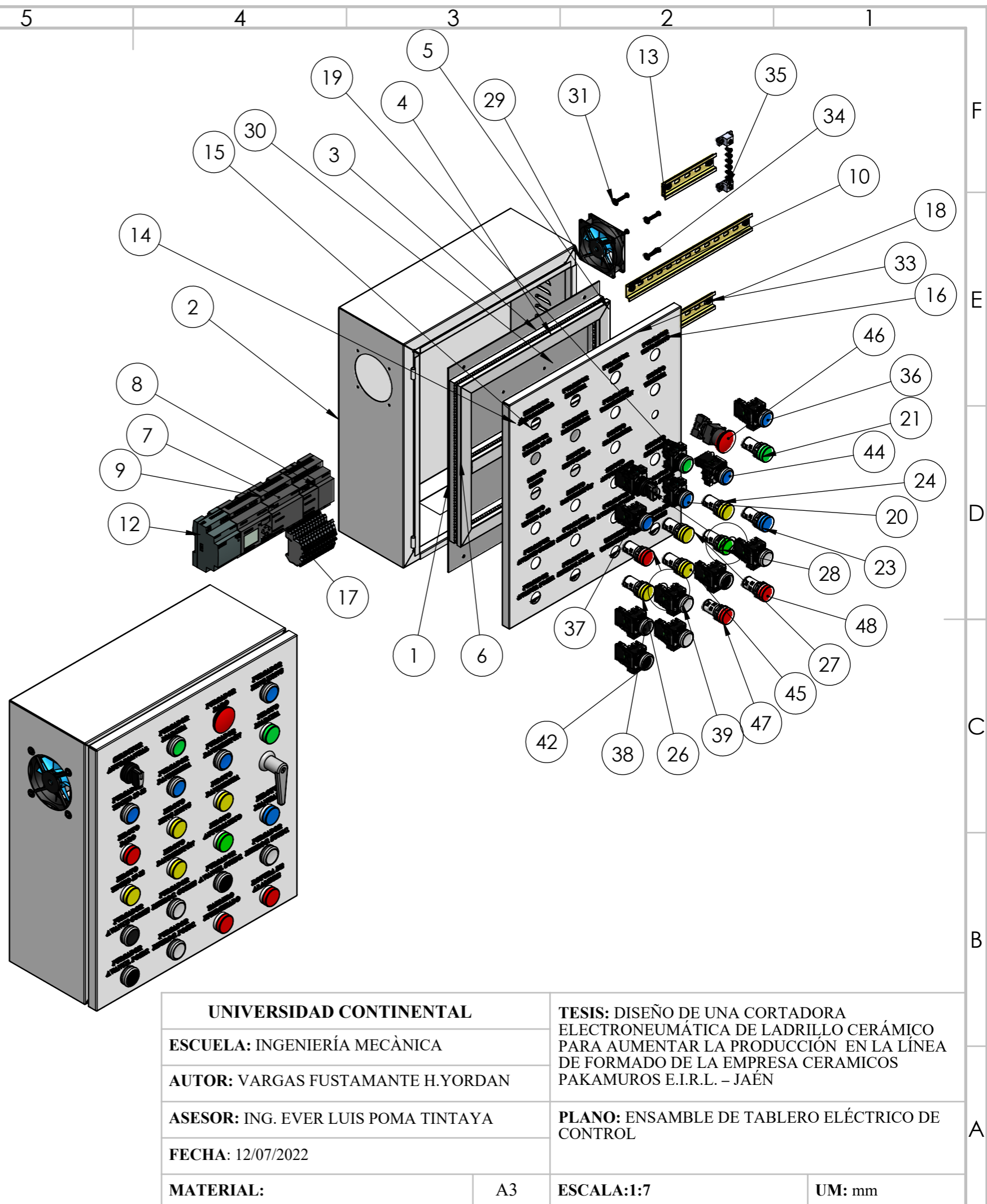


LISTA DE COMPONENTES

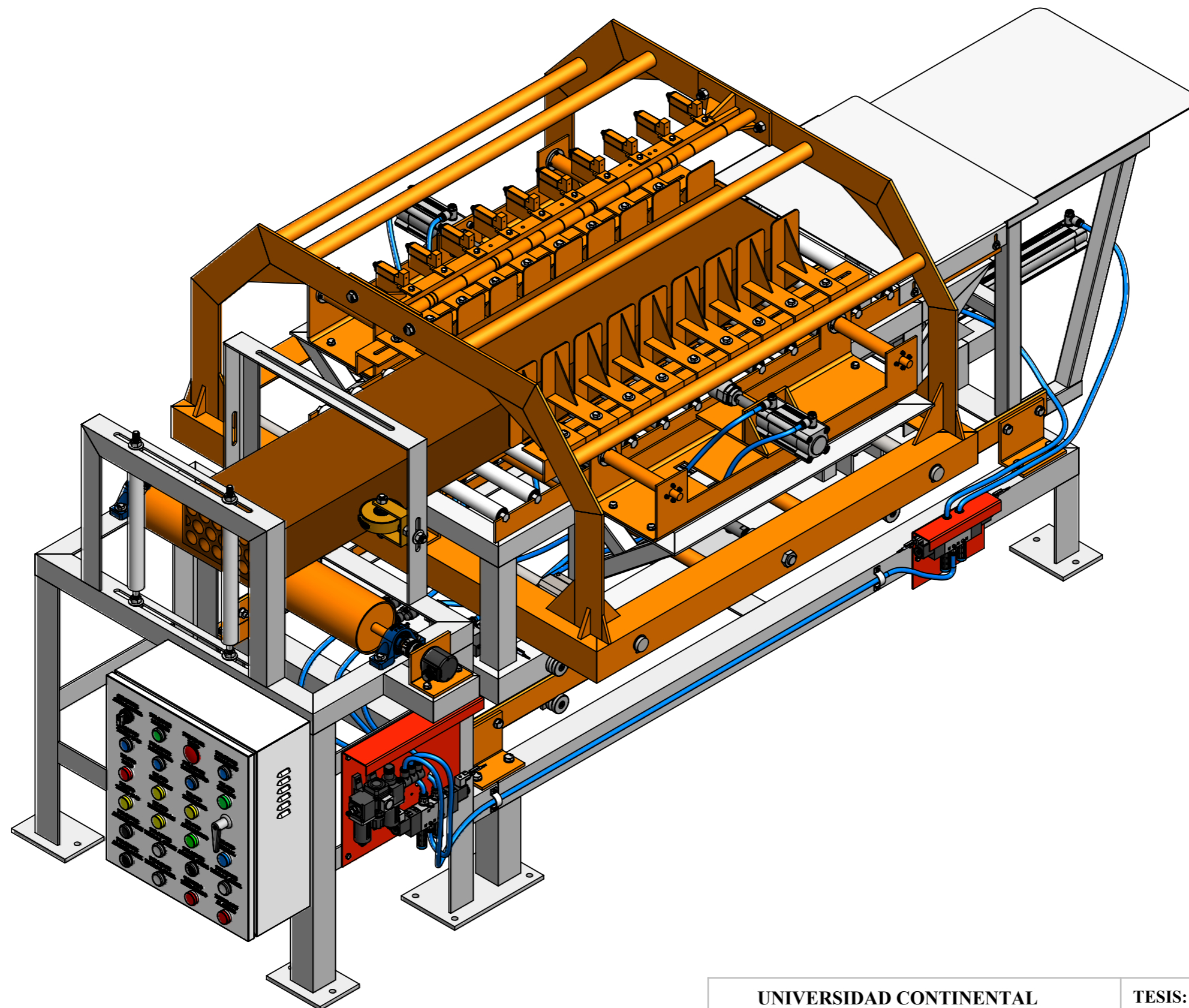
ITEM	NOMBRE DEL COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	RODILLO	TUBO 4"x3 mm A500	1
2	SUJETADOR DEL RODILLO	A36	1
3	TAPA DEL RODILLO	A36	2
4	EJE DEL RODILLO	SAE 1045	1
5	POLIN DEL RODILLO	SCH 80 1"x4.55 m A53	1
6	RODAMIENTO 16101-2RS1	SKF	2
7	ANILLO RETENCIÓN D12 mm	ACERO	2
8	TUERCA M12x1.75 mm	CLASE 5	6
9	VARILLA ROSCADA M12x1.75x70 mm	CLASE 5.8	1

UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. – JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ENSAMBLE DEL MECANISMO DEL LOGOTIPO DE EMPRESA	
FECHA: 11/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA: 2:3	UM: mm

ITEM	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	PLANCHA TABLERO	410x350- 2 mm ACERO	1
2	TABLERO	400X450-2mm ACERO	1
3	CANALETA	25x25 mm	2
4	TAPA CANALETA	25x25 mm	2
5	CANALETA PARTE LATERAL	25x25 mm	2
6	TAPA CANALETA PARTE LATERAL	25x25 mm	2
7	DM16 24R 8ED/8SD RELE	MODULO AMPLIACION	2
8	DM8 24R 4ED/4SD RELE	MODULO AMPLIACION	1
9	LOGO! 8 24RCE	SIEMENS	1
10	RIEL DIN	35 mm	1
11	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	C10A	2
12	LOGO POWER 2.5 A	SIEMENES	1
13	RIEL DIN - 1	35 mm	1
14	CANALETA - MEDIO	25x25 mm	1
15	TAPA CANALETA MEDIO	25x25 mm	1
16	RIEL DIN - BORNERAS	35 mm	1
17	BORNERA	SCHNEIDER	12
18	TABA GABINETE	ACERO	1
19	PULSADOR (NA) MARCHA	VERDE 22 mm STECK	1
20	PULSADOR (NA) PANDERETA	AZUL 22 mm STECK	1
21	PILOTO MARCHA	VERDE 22 mm STECK	1
22	SELECTOR MANUAL- AUTOMATICO	SCHNEIDER	1
23	PILOTO MANUAL	AZUL 22 mm STECK	1
24	PILOTO PANDERETA	AMARILLO 22 mm	1
25	PILOTO PARO	ROJO 22 mm STECK	1
26	PILOTO TECHO 15-12	AMARILLO 22 mm	1
27	PILOTO KING KONG	AMARILLO 22 mm	1
28	PILOTO AUTOMATICO	VERDE 22 mm STECK	1
29	VENTILADOR		1
30	MANIJA		1
31	ARANDELA PLANA M4	ACERO	10
32	TUERCA M4X0.7 mm	CLASE 5	14
33	TORNILLO PHILLIPS M4x0.7-8 mm	DIN 7985 CLASE 4.8	18
34	TORNILLO PHILLIPS M4x0.7-30 mm	DIN 7985 CLASE 4.8	4
35	TERMINAL TIERRA		1
36	PULSADOR (NA) KING KONG	AZUL 22 mm STECK	1
37	PULSADOR (NA) TECHO 15-12	AZUL 22 mm STECK	1
38	PULSADOR (NA) AVANCE CORTE	NEGRO 22 mm STECK	1
39	PULSADOR (NA) RETROCESO CORTE	BLANCO 22 mm STECK	1
40	PULSADOR (NA) AVANCE SUJECIÓN	NEGRO 22 mm STECK	1
41	PULSADOR (NA) RETROCESO SUJEC.	BLANCO 22 mm STECK	1
42	PULSADOR (NA) AVANCE POSIC.	NEGRO 22 mm STECK	1
43	PULSADOR (NA) RETROCESO POSIC.	BLANCO 22 mm STECK	1
44	PULSADOR (NA) PANDERETÓN	AZUL 22 mm STECK	1
45	PILOTO PANDERETÓN	AMARILLO 22 mm	1
46	PULSADOR PARO DE EMERGENCIA	ROJO 22 mm STECK	1
47	PILOTO ENERGIZADO	ROJO 22 mm STECK	1
48	ROTURA ALAMBRE	ROJO 22 mm STECK	1



UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: ENSAMBLE DE TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL	
FECHA: 12/07/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA:1:7	UM: mm



UNIVERSIDAD CONTINENTAL		TESIS: DISEÑO DE UNA CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LA LÍNEA DE FORMADO DE LA EMPRESA CERAMICOS PAKAMUROS E.I.R.L. - JAÉN	
ESCUELA: INGENIERÍA MECÁNICA			
AUTOR: VARGAS FUSTAMANTE H.YORDAN			
ASESOR: ING. EVER LUIS POMA TINTAYA		PLANO: CORTADORA ELECTRONEUMÁTICA DE LADRILLO CERÁMICO	
FECHA: 11/08/2022			
MATERIAL:	A3	ESCALA: 1:9	UM: mm